



ISPA
INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
CIÊNCIAS PSICOLÓGICAS, SOCIAIS E DA VIDA

Idade e crescimento da pata-roxa
***Scyliorhinus canicula* (Linnaeus, 1758)**
da costa sudoeste de Portugal

Inês Santos da Silva Moreira

Orientador da Dissertação:

Doutora Teresa Moura

Professora Doutora Joana Robalo

Professor do Seminário de Dissertação:

Professor Doutor Emanuel Gonçalves

Tese submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de:

MESTRE EM BIOLOGIA MARINHA E CONSERVAÇÃO

2018

Dissertação de Mestrado realizada sob a orientação da Professora Doutora Joana Robalo, apresentada no ISPA – Instituto Universitário para obtenção de grau de Mestre na especialidade de Biologia Marinha e Conservação.

Agradecimentos

Em primeiro lugar quero agradecer às minhas orientadoras, Doutora Teresa Moura e Professora Doutora Joana Robalo, por terem tornado a realização desta dissertação possível e por toda a ajuda e apoio ao longo de todo este percurso. À Doutora Ivone Figueiredo por me ter aceite no IPMA e por também ter possibilitado a realização deste trabalho. Os meus agradecimentos vão também para a Neide Lagarto e Catarina Maia, uma vez que foram as responsáveis por trazerem amostras das campanhas oceanográfica, e pela amostragem dos indivíduos. No IPMA de Peniche, agradeço ao Tiago Bento pelo envio de amostras da estação de Peniche. À Inês Farias agradeço pelas várias dicas que me deu ao longo de toda a execução deste trabalho.

Não menos importante, agradeço à minha família, ao Hélio e aos amigos. Aos meus pais porque sem eles tudo isto seria impossível. Agradeço-lhes o apoio constante, não só agora, mas ao longo de todo o meu percurso. Ao meu irmão por ser um verdadeiro exemplo. E agradeço claro aos meus amigos de sempre pela paciência, apoio e amizade.

Resumo

A pata-roxa *Scyliorhinus canicula* é o membro mais abundante da família Scyliorhinidae nas águas costeiras do Oceano Atlântico Nordeste. Embora seja um elasmobrânquio bastante abundante e uma espécie acessória de diferentes pescarias, existe pouca informação acerca da sua biologia nas águas de Portugal continental. A necessidade de melhorar o conhecimento desta espécie motivou o estudo da idade e crescimento de indivíduos capturados na costa portuguesa recorrendo, para tal, às suas vértebras. Foram amostrados 116 indivíduos (69 machos e 47 fêmeas) com comprimentos totais entre 222 e 571 mm. De modo a possibilitar a contagem dos pares de bandas foram testadas duas técnicas de limpeza das vértebras e três técnicas de enaltecimento das bandas de crescimento. A combinação que produziu melhores resultados foi a limpeza com imersão em NaClO e o enaltecimento através da descalcificação das vertebrae com HNO₃ (a 5%). As idades máximas estimadas para machos e fêmeas foram de 12 e 11 anos, respetivamente. Foram ajustados três modelos de crescimento: von Bertalanffy, von Bertalanffy com L₀ fixo e Gompertz. Todos os modelos sugerem que o crescimento das fêmeas e dos machos é significativamente diferente. Este estudo providencia estimativas dos parâmetros de crescimento de pata-roxa para as águas de Portugal continental, o que constitui um importante contributo para a avaliação do estado da sua população.

Palavras-chave: *Scyliorhinus canicula*, Portugal, vértebras, idade, modelos de crescimento.

Abstract

The lesser-spotted dogfish *Scyliorhinus canicula* is the most abundant specie of the *Scyliorhinidae* family in the Northeast Atlantic Ocean coastal waters. Although it is an abundant elasmobranch and bycatch specie of different fisheries, little information exists about its biology in Portuguese continental waters. The need to improve the knowledge of this specie led to the age and growth study of individuals captured in the Portuguese coast, through vertebrae. In this work 116 specimens were sampled (69 males and 47 females) between 222 and 571 mm total length. To enable the counting of the band pairs in the vertebra centra, two cleaning techniques and three band enhancement techniques were tested. The combination that showed the best results was cleaning with NaClO and band enhancement through nitric acid decalcification. The maximum ages estimated for males and females were 12 and 11 years, respectively. Three growth models were adjusted in order to quantify the growth rate of this specie: von Bertalanffy, von Bertalanffy with fixed L_0 and Gompertz. All the models suggest that the growth of females and males has significant differences. This study provides growth parameters estimations of lesser spotted dogfish to Portuguese continental waters, which is an important contribution to the assessment of the population condition.

Keywords: *Scyliorhinus canicula*, Portugal, vertebrae, age, growth model.

Índice geral

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract	iii
Índice geral	iv
Índice de Tabelas	vi
Índice de Figuras	vii
1. Introdução	1
2. Estado da Arte	5
2.1. Importância dos estudos de idade e crescimento para a avaliação dos <i>stocks</i>	5
2.2. Idade e crescimento em elasmobrânquios	6
2.3. Pata-roxa <i>Scyliorhinus canicula</i>	9
2.3.1. Distribuição	9
2.3.2. Crescimento	10
2.3.3. Biologia Reprodutiva	11
2.3.4. Dieta	14
2.3.5. Caracterização das pescarias de <i>S. canicula</i>	15
3. Material e métodos	17
3.1. Amostragem	17
3.2. Medições dos indivíduos e extração das vértebras	18
3.3. Limpeza das vértebras	18
3.4. Técnicas de enaltecimento das bandas	19
3.5. Morfometria das vértebras	20
3.6. Leitura das bandas – Estimativas de idade e validação	20
3.7. Modelação do crescimento	23
3.7.1 Curva de crescimento de <i>von Bertalanffy</i> (VBGF)	23
3.7.2 Curva de crescimento de <i>von Bertalanffy</i> com L_0 fixo (VBGF, L_0)	23
3.7.3 Modelo de Gompertz	23
4. Resultados	25
4.1. Caracterização da amostra	25
4.2. Processamento das vértebras e enaltecimento das suas bandas	25
4.3. Morfometria das vértebras	27
4.4. Estimativas de idade	28
4.5. Modelação do crescimento	30

○ Modelo Von Bertalanffy	30
○ Modelo Von Bertalanffy com L_0 fixo	31
○ Modelo de Gompertz	32
5. Discussão	35
6. Conclusões e trabalho futuro	42
7. Referências	44
Anexos	52
I. Análises estatísticas adicionais	53

Índice de Tabelas

Tabela I - Compilação de estudos de crescimento de <i>S. canicula</i> que englobam os parâmetros de crescimento dos modelos ajustados	11
Tabela II – Compilação de estudos do Oceano Atlântico e do Mar Mediterrâneo, que englobam comprimentos e idades máximos e de maturação	14
Tabela III – Resumo das metodologias testadas na limpeza das vértebras e no enaltecimento das bandas de crescimento	20
Tabela IV – Resultados obtidos após serem testadas as combinações entre os métodos de limpeza das vértebras e as técnicas de enaltecimento das bandas	27
Tabela V – Índices de precisão das idades estimadas entre a primeira e a segunda leitura do primeiro leitor, e entre observações de ambos os leitores	30
Tabela VI – Comparação dos valores dos parâmetros estimados por cada um dos modelos de crescimento	34

Índice de Figuras

Figura 1 – Mapa de Portugal continental com a representação dos locais onde foram capturadas as amostras utilizadas no estudo	18
Figura 2 – Representação das medições efetuadas nas vértebras	21
Figura 3 – Vértebra de pata-roxa seccionada com a representação da marca de nascença, contagem das bandas e local onde é medido o raio	22
Figura 4 – Distribuição dos indivíduos constituintes da amostra por classes de tamanho e por sexo	26
Figura 5 – Representação da relação existente entre o comprimento total dos indivíduos e o comprimento total da vértebra	28
Figura 6 – Representação da variação relativa dos erros nas estimativas de idade entre leituras feitas pelo mesmo leitor e por leitores diferentes	29
Figura 7 – Gráfico de <i>age-bias</i> no qual se compara as idades estimadas na primeira leitura com as idades médias obtidas na segunda leitura do primeiro leitor	30
Figura 8 – Representação do modelo de von Bertalanfy ajustado aos dados de idade-comprimento da amostra	31
Figura 9 – Representação do modelo de von Bertalanfy com L_0 fixo ajustado aos dados de idade-comprimento da amostra	32
Figura 10 – Representação do modelo de Gompertz ajustado aos dados de idade-comprimento da amostra	33
Figura 11 – Representação da relação existente entre o comprimento total dos indivíduos e o raio da vértebra	54
Figura 12 – Representação da relação existente entre o comprimento total dos indivíduos e o diâmetro dorsoventral da vértebra	55
Figura 13 – Representação da relação existente entre o comprimento total dos indivíduos e o diâmetro lateral da vértebra	55
Figura 14 – Representação da relação existente entre o comprimento total dos indivíduos e a distância à marca de nascença	56
Figura 15 – Representação da relação existente entre o comprimento total dos indivíduos e a largura no centro da vértebra	57

1. Introdução

A sustentabilidade dos recursos pesqueiros depende de estratégias de gestão apropriadas (Barbieri *et al.*, 2014). Por seu lado, a definição de tais medidas requer um conhecimento científico adequado, quer sobre a dinâmica das pescarias, quer sobre a biologia e ecologia das espécies, sejam elas espécies alvo ou acessórias. No que toca ao conhecimento da biologia das espécies, é muito importante ter informação sobre os parâmetros de crescimento (Goldman, 2005), mortalidade, longevidade (Ivory *et al.*, 2005), comprimento e idade de primeira maturação sexual (Rodríguez-Cabello *et al.*, 1998; Bendiab *et al.*, 2012), recrutamento (Rodríguez-Cabello *et al.*, 2005) e produtividade (Campana, 2001; Andrade *et al.*, 2017), alguns dos quais são fundamentais para a avaliação dos *stocks* de pesca. Por este motivo, a determinação da idade é de elevada importância em estudos de biologia pesqueira uma vez que permite a realização de estimativas acerca de alguns destes parâmetros.

A história de vida da maioria dos elasmobrânquios é do tipo K, caracterizando-se por um crescimento lento, maturação sexual tardia e grande longevidade (Stevens *et al.*, 2000). Acresce o facto de terem uma posição elevada nas cadeias tróficas, o que faz com que grande parte das espécies seja vulnerável à pressão exercida pela pesca (Farrell *et al.*, 2010) pondo em causa a sua sustentabilidade (Ivory *et al.*, 2005; Kadri *et al.*, 2012). Também a degradação dos habitats, devido à crescente exploração humana, está a colocar em risco algumas espécies (Filiz e Mater, 2002). A conservação deste grupo é muito importante devido ao papel fundamental que desempenha na manutenção e no bom estado das teias tróficas marinhas do qual todas as pescarias dependem (Fowler *et al.*, 2002). Importa salientar que, caso as populações entrem em declínio, poderão levar décadas até que haja uma recuperação das mesmas (Pratt e Caser, 1990; Santos e Coelho, 2015).

Os estudos de idade e crescimento em peixes teleósteos baseiam-se na deposição diferencial de sais de cálcio em estruturas calcificadas, nomeadamente otólitos (Neves *et al.*, 2015; Silva *et al.*, 2015), espinhos (Santamaria *et al.*, 2009), vértebras (Esteves *et al.*, 1995) e escamas (Ilieş *et al.*, 2014). No entanto, em elasmobrânquios, esta avaliação é dificultada pelo facto destes não possuírem estruturas tão calcificadas e estas poderem apresentar vários níveis de calcificação, consoante a espécie (Rodríguez-Cabello *et al.*, 2005). Contudo, existem muitos estudos de idade e crescimento de elasmobrânquios que utilizam vértebras

(Ivory *et al.*, 2005), espinhos caudais (em raias) (Moura *et al.*, 2007), espinhos das barbatanas dorsais, quando presentes, (ex.: Squaliformes) (Machado e Figueiredo, 2000) e arcos neurais (McFarlane *et al.*, 2002). Na maior parte destes estudos recorre-se a técnicas de preparação e coloração para que seja possível diferenciar as deposições de cálcio que formam as bandas de crescimento. Alguns exemplos são a coloração com vermelho de alizarina (LaMarca, 1966), coloração com hematoxilina (Tanaka e Mizue, 1979) e coloração com violeta cristal (Johnshon, 1979).

Com o aumento da idade dos peixes, dá-se a acumulação diferencial de material calcificado, resultando em áreas concêntricas nas vértebras e espinhos (Correia e Figueiredo, 1997), normalmente denominadas de zonas de crescimento e identificáveis pela presença de pares de bandas (Cailliet *et al.*, 2006). O padrão de bandas observado é normalmente o de bandas largas, ou opacas, separadas por bandas mais finas, ou translúcidas (Cailliet *et al.*, 2006; Moore *et al.*, 2013). Tem-se assumido que cada banda corresponde a um período sazonal, sendo que as opacas são depositadas no verão e/ou outono, e as translúcidas depositadas no inverno e/ou primavera (Goldman *et al.*, 2005; Cailliet *et al.*, 2006). Assim, cada par de bandas corresponde a um ano e a contagem de todos os pares visíveis na estrutura calcificada pode ser utilizada como uma orientação para a determinação da idade (Batista *et al.*, 2010). A dimensão, forma e o grau de calcificação das vértebras varia bastante dentro dos elasmobrânquios. Espécies mais costeiras e pelágicas tendem a ter vértebras mais calcificadas e uma alternância mais acentuada das bandas do que as espécies de águas profundas (Gennari e Scacco, 2007). No entanto, o próprio crescimento da vértebra está inevitavelmente relacionado com a sua dieta (Goldman *et al.*, 2005).

A pata-roxa *Scyliorhinus canicula* (Linnaeus, 1758) é o membro mais abundante da família *Scyliorhinidae* nas águas costeiras do Oceano Atlântico Nordeste (Ellis e Shackley, 1997), incluindo o Mar Mediterrâneo e Mar Adriático (Rodríguez-Cabello *et al.*, 2004). Ao longo de toda a sua área de distribuição os indivíduos desta espécie podem ser encontrados numa grande variedade de fundos sendo eles arenosos, com algas coralinas, gravilha e lamacentos (Filiz e Taşkavak, 2006; Ebert e Stehmann, 2013). São mais frequentes desde a região mais costeira até aos 100 metros de profundidade, e raramente até aos 400 metros (Compagno, 2005). Na costa portuguesa são frequentemente capturados entre os 50 e os 400 metros de profundidade (Moura *et al.*, 2017).

Scylliorhinus canicula é considerada uma espécie oportunista, uma vez que se alimenta de uma grande diversidade de megafauna bentónica. Porém, decápodes e peixes são os itens mais frequentes na sua dieta (Rodríguez-Cabello *et al.*, 2007). A longevidade estimada para esta espécie é de 10 a 20 anos na costa oeste da Argélia, no Mar Mediterrâneo (Bendiab *et al.*, 2012) e de pelo menos 17 anos, no Mar Cantábrico, Oceano Atlântico Nordeste (Rodríguez-Cabello *et al.*, 2005). O comprimento total máximo e o comprimento de primeira maturação variam consoante a latitude, com os indivíduos do mar Mediterrâneo a atingirem comprimentos totais menores do que os reportados para os indivíduos capturados no Oceano Atlântico (Rodríguez-Cabello *et al.*, 1998; Ivory *et al.*, 2005; Capapé *et al.*, 2008; Bendiab *et al.*, 2012). O comprimento máximo descrito para a espécie é de 85cm, tendo sido observado nas Ilhas Britânicas e Mar do Norte (Ebert e Stehmann, 2013).

Esta espécie é ovípara (Ellis e Shackley, 1997) e tem fertilização interna (Compagno *et al.*, 2005). O seu período de desova é bastante extenso e, na maior parte da sua área de distribuição, ocorre ao longo de todo o ano (Ellis e Shackley, 1997; Henderson e Casey, 2001; Capapé *et al.*, 2008; Capapé *et al.*, 2014). Libertam as suas cápsulas aos pares (Ellis e Shackley, 1997), uma por cada oviduto (Ebert e Stehmann, 2013), em águas rasas ou profundas, fixas em macroalgas ou em invertebrados sésseis, respetivamente (Ellis e Shackley, 1997). As estimativas de fecundidade nesta espécie têm sido difíceis de delinear (Capapé *et al.*, 2014). Alguns estudos sugerem que, no total, 38 a 240 capsulas poderiam ser produzidas ao longo de um ano, dependendo da altura do ano e da distribuição geográfica (Capapé *et al.*, 2008; Capapé *et al.*, 2014).

Apesar de ser um elasmobrânquio bastante abundante, a pata-roxa possui normalmente um valor económico reduzido (Henderson e Casey, 2001), excluindo algumas pescarias sazonais e de pequena escala (ICES, 2017), como por exemplo no sul de França (Capapé *et al.*, 2008). No Atlântico nordeste, incluindo Portugal continental, é uma espécie acessória de várias pescarias, nomeadamente de arrastos dirigidos a espécies demersais, redes de emalhar e palangres (ICES, 2017). A quantidade desembarcada nas lotas nacionais manteve-se relativamente estável entre 2005 e 2016, variando os valores entre 520 e 595 toneladas por ano (ICES, 2017). Também em Portugal, esta espécie figura entre as espécies com níveis mais elevados de rejeição em pescarias de arrasto de fundo dirigidas aos crustáceos bem como nas pescarias operadas com redes de emalhar e de tresmalho. Os indivíduos capturados nas nossas águas continentais estão incluídos no *stock* que se distribui

desde o sul do Golfo da Biscaia até ao Golfo de Cadiz. Este *stock* é avaliado de dois em dois anos no *Working Group of Elasmobranch Fishes* (WGEF) no âmbito do *International Council for the Exploitation of the Sea* (ICES). O último aconselhamento científico efetuado para esta espécie indica que houve um aumento consistente nos índices de biomassa nos últimos anos (ICES, 2017). A espécie está classificada como “*Least concern*” (pouco preocupante) segundo a lista vermelha da IUCN (*International Union for the Conservation of Nature*) (Ellis *et al.*, 2009).

Apesar de ser uma espécie frequente na nossa costa, existe pouca informação sobre a determinação da idade e do crescimento desta espécie, falha que o presente estudo pretende colmatar. Para tal definiram-se os seguintes objetivos: (1) testar e identificar as melhores técnicas de limpeza e enaltecimento de bandas das vértebras; (2) testar a adequabilidade das vértebras para determinar a idade de pata-roxa; (3) ajustar diferentes modelos de crescimento e selecionar o que melhor descreve o crescimento da espécie; (4) verificar se machos e fêmeas possuem taxas de crescimento diferentes.

2. Estado da Arte

2.1. Importância dos estudos de idade e crescimento para a avaliação dos *stocks*

A maioria dos elasmobrânquios tem uma estratégia de história de vida de tipo K, querendo isto dizer que possuem um crescimento lento, maturação sexual tardia, longevidade elevada e baixa fecundidade (Stevens *et al.*, 2000). Também se caracterizam por produzirem um número reduzido de crias que nascem com comprimentos relativamente elevados, o que se encontra relacionado com uma taxa de sobrevivência até à idade adulta elevada (Compagno *et al.*, 2005). Dadas estas características, às quais acresce o facto de a maioria das espécies ocupar uma posição elevada nas teias tróficas (Farrell *et al.*, 2010), é geralmente aceite que os elasmobrânquios são mais vulneráveis à pressão exercida pela pesca do que a maioria dos peixes teleósteos. Também a degradação dos seus habitats, devido à crescente exploração humana das últimas décadas, está a colocar em risco algumas espécies (Filiz e Mater, 2002).

Tendo em conta estas características e ameaças, a conservação deste grupo é fundamental, uma vez que as capturas de tubarões (e dos elasmobrânquios em geral) podem diminuir drasticamente num curto espaço de tempo e levar longos períodos para recuperar (Pratt e Caser, 1990; Conrath *et al.*, 2002).

A sustentabilidade dos recursos pesqueiros depende de estratégias de gestão apropriadas (Barbieri *et al.*, 2014). Por seu lado, a definição de tais medidas requer um conhecimento científico adequado, quer sobre a dinâmica das pescarias, quer sobre a biologia e ecologia das espécies, sejam elas espécies alvo ou acessórias. Por exemplo, é importante ter informação sobre a estrutura genética das populações, a sua conectividade, abundância (Barbieri *et al.*, 2014), parâmetros de crescimento, mortalidade, longevidade, recrutamento (Ivory *et al.*, 2005), comprimento ou idade de primeira maturação, fecundidade e rácio entre os sexos (Rodríguez-Cabello *et al.*, 1998; Bendiab *et al.*, 2012). É cada vez mais relevante no âmbito do aconselhamento científico ter informação sobre alguns aspetos da biologia das espécies, em particular o seu crescimento e reprodução, que poderão ajudar a compreender o estado da população. Porém, as espécies mais bem estudadas são aquelas que têm um maior interesse comercial. A informação é geralmente

mais escassa para as espécies de menor valor ou frequentemente rejeitadas, apesar de serem igualmente impactadas pelas pescas (Mejía-Falla *et al.*, 2014).

A determinação da idade é de extrema importância em estudos de biologia pesqueira uma vez que, quando realizada de forma precisa, permite estimar parâmetros biológicos, nomeadamente taxas de crescimento, de mortalidade natural, longevidade (Goldman, 2005), idade de primeira maturação e recrutamento (Rodríguez-Cabello *et al.*, 2005). De facto, a falta de informação sobre a determinação da idade de tubarões e raias tem sido um dos principais obstáculos em estudos de biologia pesqueira (Joung *et al.*, 2004). Estas estimativas são fundamentais para avaliar o estado dos *stocks* (Gago, 2014), uma vez que constituem *inputs* em diversos modelos de avaliação. A precisão e exatidão na determinação da idade são aspetos importantes a considerar, pois poderão por em causa a avaliação do estado da espécie (Campana, 2001; Goldman, 2005). Uma vez angariada informação acerca do estado dos *stocks*, seja baseada na idade ou noutros parâmetros biológicos, torna-se possível a tomada de medidas de gestão com o intuito de conservar espécies ameaçadas, caso seja necessário (Gago, 2014).

2.2. Idade e crescimento em elasmobrânquios

Os estudos de idade e crescimento em peixes teleósteos têm utilizado a deposição diferencial de sais de cálcio em estruturas calcificadas, nomeadamente otólitos (Neves *et al.*, 2015; Silva *et al.*, 2015), espinhos (Santamaria *et al.*, 2009), vértebras (Esteves *et al.*, 1995) e escamas (Ilieş *et al.*, 2014). No entanto, em elasmobrânquios, esta avaliação não é assim tão simples, uma vez que não possuem estruturas tão calcificadas como os peixes ósseos (Cailliet *et al.*, 1983; McFarlane *et al.*, 2002). O seu esqueleto é composto por cartilagem calcificada (Ferreira e Vooren, 1991), mineralizada, composta por uma forma impura de fosfato de cálcio carbonatado (hidroxiapatite) (Smith *et al.*, 2013), e a qual nunca se converte nem é substituída por osso (Seidel *et al.*, 2017). Tal como ocorre com os otólitos dos teleósteos, as vértebras dos elasmobrânquios são depositadas pela precipitação de elementos numa matriz de proteínas e continuam a crescer ao longo da vida do indivíduo (Smith *et al.*, 2013). Crescem na forma de um duplo cone calcificado (*corpus calcareum*), e

entre as extremidades destes cones existe a *intermedialia*, que é mais macia que o *corpus calcareum* mas que também regista as deposições sazonais (NewBrey *et al.*, 2015).

As estruturas que têm sido utilizadas nos muitos estudos de idade e crescimento de elasmobrânquios têm sido vértebras (Ivory *et al.*, 2005), os espinhos caudais (em raiais) (Moura *et al.*, 2007), os espinhos das barbatanas dorsais, quando presentes (ex.: Squaliformes) (Machado e Figueiredo, 2000) e os arcos neurais (McFarlane *et al.*, 2002). Embora estas estruturas sejam as mais utilizadas nos estudos publicados até à data, também foram encontrados depósitos sistemáticos de fosfato de cálcio em estruturas como o condrocânio, mandíbulas, arcos viscerais, cartilagem das barbatanas, ptérigopódios, e arcos hemais (McFarlane *et al.*, 2002). A zona central das vértebras e outras estruturas de elasmobrânquios, onde as deposições de cálcio são maiores, pode ter vários níveis de calcificação consoante a espécie sendo que, em muitas delas, as estruturas são muito pouco calcificadas dificultando a obtenção de informação acerca da idade (Goldman, 2005; Rodríguez-Cabello *et al.*, 2005). Regra geral, estes espécimes com o centro da vértebra pouco calcificado tendem a ser espécies de águas mais profundas ou de famílias relativamente primitivas (McFarlane *et al.*, 2002).

À medida que a idade dos peixes aumenta, a acumulação diferencial de material calcificado resulta em áreas concêntricas (Correia e Figueiredo, 1997) que muitas vezes apresentam características que refletem a época do ano em que este material foi depositado (Cailliet *et al.*, 2006). Estas áreas concêntricas são normalmente denominadas de zonas de crescimento, as quais são identificáveis pela presença de pares de bandas (Cailliet *et al.*, 2006). O padrão observado é normalmente o de bandas largas, ou opacas, separadas por bandas mais finas, ou translúcidas (Cailliet *et al.*, 2006; Moore *et al.*, 2013). Vários estudos têm assumido que cada banda corresponde a um período sazonal, sendo que as bandas opacas representam um crescimento mais rápido dos indivíduos e são depositadas no verão e/ou outono, e as bandas translúcidas representam um crescimento mais lento e depositam-se no inverno e/ou primavera (Goldman *et al.*, 2005; Cailliet *et al.*, 2006). Deste modo, cada par de bandas corresponde a um ano, e a contagem de todos os pares de bandas visíveis na estrutura calcificada podem ser utilizadas como uma orientação para a determinação da idade (Batista *et al.*, 2010).

Contudo, a largura destas bandas opacas e translúcidas pode ser maior nos primeiros anos de vida e, à medida que a taxa de crescimento abrandar, a sua largura tende a tornar-se semelhante (Cailliet *et al.*, 2006). Para além destes aspetos que podem resultar em erros de leitura de idade, quando falamos de vértebras, a sua dimensão, a sua forma e o seu grau de calcificação (presença e qualidade das bandas) podem variar bastante dentro dos elasmobrânquios. As vértebras de espécies mais costeiras e pelágicas tendem a ser mais calcificadas e a apresentar uma alternância mais acentuada de incrementos de crescimento do que as espécies de águas profundas (Gennari e Scacco, 2007). Isto deve-se, provavelmente, a alterações fisiológicas induzidas pela sazonalidade (mais acentuada) e pela variação de diversos parâmetros ambientais como a temperatura e o fotoperíodo em ambientes pelágicos, que não se fazem sentir com tanta intensidade no oceano profundo (Goldman *et al.*, 2005; Gennari e Scacco, 2007). Já o próprio crescimento da vértebra está inevitavelmente relacionado com a sua dieta e a falta de alimento por curtos períodos de tempo pode levar ao aparecimento de bandas subtis no centro da vértebra em algumas espécies (Goldman *et al.*, 2005). Importa realçar que em algumas espécies poderá não haver qualquer relação entre o padrão de bandas observadas e o crescimento (Goldman, 2005).

De forma a ultrapassar a dificuldade em observar bandas de crescimento em diversas espécies, foram desenvolvidas e adaptadas várias técnicas com o intuito de melhorar a visibilidade das bandas de crescimento nas várias estruturas: imersão em álcool (Richards *et al.*, 1963), impregnação em xileno (Daiber, 1960), histologia (Ishiyama, 1951), radiografia X (Aasen, 1963), espectrometria de raios X (Jones e Green, 1977), imersão em óleo de cedro (Cailliet *et al.*, 1983a), coloração com vermelho de alizarina (LaMarca, 1966), substituição por nitrato de prata (Stevens, 1975), coloração com hematoxilina (Tanaka e Mizue, 1979), coloração com violeta cristal (Johnshon, 1979), coloração com nitrato de cobalto (Hoenig e Brown, 1988), descalcificação com ácido nítrico (Correia e Figueiredo, 1997), substituição por cobre, chumbo e ferro (Gelsleichter *et al.*, 1998), e microtopografia de grafite (Parsons, 1983).

É também possível estimar idades recorrendo a outras metodologias, das quais se destaca a: análise de frequências de comprimento (Rodríguez-Cabello *et al.*, 1997), a taxa de substituição dos dentes (Moss, 1972), o peso das lentes oculares (Siezen, 1989) e a radiografia X (Ferreira e Vooren, 1991). Contudo o método mais utilizado tem sido o que se

baseia na análise de incrementos periódicos de crescimento no centro da vértebra (Ivory *et al.*, 2005). Esta estrutura provou ser a mais útil na determinação da idade em elasmobrânquios, uma vez que tem revelado zonas de crescimento em várias espécies, ou seja, a presença de anéis concêntricos semelhantes aos encontrados nos otólitos e escamas de teleósteos (Henderson e Casey, 2001; Rodríguez-Cabello *et al.*, 2005).

2.3. Pata-roxa *Scyliorhinus canicula*

2.3.1. Distribuição

A pata-roxa *S. canicula* (Linnaeus, 1758) é a espécie mais abundante da família *Scyliorhinidae* nas águas costeiras do Atlântico Nordeste (Ellis e Shackley, 1997), distribuindo-se do Senegal às Ilhas Britânicas e Noruega (Compagno, 2005; Ebert e Stehmann, 2013). Pode ainda ser encontrada no Mar Mediterrâneo e Mar Adriático, embora se encontre ausente no Mar Negro e no Mar Vermelho (Rodríguez-Cabello *et al.*, 2004).

Ao longo da sua área de distribuição, os indivíduos desta espécie podem ser encontrados numa grande variedade de fundos sendo eles arenosos, algas coralinas, gravilha e lamacentos (Filiz e Taşkavak, 2006; Ebert e Stehmann, 2013). São mais frequentes desde a região mais costeira até aos 100 metros de profundidade, e raramente até aos 400 metros (Compagno, 2005). No que diz respeito à batimetria desta espécie, estudos realizados em diversos locais da sua área de distribuição (costa norte da Tunísia e Mar Cantábrico, por exemplo) têm observado que os juvenis se encontram em locais mais profundos que os adultos (Rodríguez-Cabello *et al.*, 2004; Capapé *et al.*, 2014). Rodríguez-Cabello *et al.* (2004) estudou a população do Mar Cantábrico e constatou que esta espécie é mais frequentemente encontrada em profundidades entre os 100 e os 300 metros ao longo de todo o ano, e que apenas os adultos foram encontrados em profundidades inferiores a 100m. Rodríguez-Cabello *et al.* (2007) verificaram que os machos adultos ou maturados preferem águas mais quentes e pouco profundas próximas da costa, as fêmeas adultas ou maturadas mostraram maior preferência por águas de maior salinidade, e os juvenis se distribuem em zonas intermédias. Capapé *et al.* (2014) sugeriram que segregação sexual desta espécie se encontra relacionada com a tentativa de evitar o canibalismo aquando da postura e eclosão dos ovos. A segregação sexual tem sido descrita para várias espécies de

tubarões, incluindo para as pata-roxas, como referido acima. Algumas hipóteses têm sido formuladas com o intuito de explicar esta segregação, entre elas estão a estratégia reprodutiva, a seleção do habitat, o tamanho corporal e requerimentos alimentares (Rodríguez-Cabello *et al.*, 2007). A segregação sexual pode ser também um dos fatores que explicam variações no *sex-ratio* ao longo do ano ou da sua área de distribuição. Por exemplo, estudos realizados por Rodríguez-Cabello *et al.* (1997) e Rodríguez-Cabello *et al.* (1998) referem uma dominância de machos nas classes de comprimentos mais elevadas o que pode estar relacionado com diferenças no crescimento entre sexos mas também com a deslocação das fêmeas de maiores comprimentos para zonas de reprodução específicas, ficando menos acessíveis. Ivory *et al.* (2005) amostrou significativamente mais fêmeas do que machos, o que pode estar relacionado com agregações unissexuais em certas áreas e em determinadas épocas do ano. Outros estudos mostram uma dominância de fêmeas em janeiro e junho e de machos em abril, no Atlântico (Ellis e Shackley, 1997), e uma prevalência de fêmeas no outono/inverno, que atingiram números iguais aos dos machos no início da primavera, no Mediterrâneo (Bendiab *et al.*, 2012).

2.3.2. Crescimento

Em alguns estudos é possível constatar que existem diferenças no crescimento de pata-roxas entre machos e fêmeas (Tabela I). No entanto, resultados diferentes têm sido obtidos, à exceção de quando os parâmetros de crescimento são calculados em conjunto para ambos os sexos (Rodríguez-Cabello *et al.*, 1997). Nos estudos de Machado (1996) e Ivory *et al.* (2005) foram obtidos comprimentos máximo assintóticos superiores para os machos, ao contrário do que ocorreu no estudo de Rodríguez-Cabello *et al.* (2005). No que respeita às taxas de crescimento, Ivory *et al.* (2005) e Rodríguez-Cabello *et al.* (2005) também apresentaram resultados contraditórios, sendo que neste último estudo obtiveram valores de *K* relativamente superiores, e mais elevados nos machos.

Tabela I - Compilação de estudos de crescimento de *S. canicula* que englobam os parâmetros de crescimento (k – taxa de crescimento; L_{inf} – comprimento máximo assintótico). No caso de os autores terem utilizados vários modelos de crescimento, neste resumo incluiu-se os valores dos parâmetros do modelo com melhor ajuste.

Estudo	Local	Método utilizado	K		L _{inf}	
			M	F	M	F
Atlântico						
Machado (1996)	Costa oeste de Portugal	Processamento de vértebras	-	-	62.10	53.09
Rodríguez-Cabello <i>et al.</i> (1997)	Mar Cantábrico	Marcação e recaptura	0.10		96	
Ivory <i>et al.</i> (2005)	Mar Céltico e Mar da Irlanda	Processamento de vértebras	0.118	0.150	87.42	75.14
Rodríguez-Cabello <i>et al.</i> (2005)	Mar Cantábrico	Marcação e recaptura	0.34	0.23	63.8	66.2
Mediterrâneo						
Bendiab <i>et al.</i> (2012)	Argélia	Análise de frequência de comprimentos	0.57	0.57	47.70	47.70

A longevidade de *S. canicula* também foi estimada em vários estudos que chegaram a idades de 10 a 20 anos na costa oeste da Argélia no Mar Mediterrâneo (Bendiab *et al.*, 2012) e de pelo menos 17 anos no Mar Cantábrico (Rodríguez-Cabello *et al.*, 2005).

2.3.3. Biologia Reprodutiva

Nos elasmobrânquios existem diferentes tipos de reprodução mas todos implicam fertilização interna (Compagno *et al.*, 2005). Os modos reprodutivos dos condríctios podem ser divididos em duas categorias principais, no que diz respeito à nutrição fetal: lecitotrófica, em que todo o desenvolvimento do embrião é apenas suportado pelo vitelo; e matrotrófica, em que pelo menos numa parte do desenvolvimento embrionário há o *input* de nutrientes maternos adicionais. Os modos reprodutivos podem ainda ser divididos em ovíparos, caso o desenvolvimento embrionário ocorra no exterior do corpo materno, e vivíparos, onde esse desenvolvimento é interno (Musick e Ellis, 2005). As pata-roxas são ovíparas, libertando as suas cápsulas aos pares (Ellis e Shackley, 1997), uma por cada oviduto (Ebert e Stehmann, 2013). Ao invés das espécies vivíparas, nesta espécie a fecundidade não pode ser calculada por contagem dos folículos presentes no ovário ou dos embriões presentes no útero, sendo a sua estimativa mais difícil de obter (Capapé *et al.*, 2014). Diferentes estudos sugeriram que uma capsula é produzida a cada 2, 3 ou 6 dias, estando dependente da altura do ano e da

distribuição geográfica. No total, 38 a 240 capsulas seriam produzidas durante um ano (Capapé *et al.*, 2008; Capapé *et al.*, 2014).

Segundo Rodríguez-Cabello *et al.* (1998), os locais de postura das fêmeas são preferencialmente em águas pouco profundas, embora possam também fazê-lo em águas mais profundas. Neste estudo foram encontradas cápsulas fixas a briozoários *Litocarpium myriophillum* em arrastos realizados no norte de Espanha. De acordo com o estudo realizado por Ellis e Shackley (1997), em águas rasas os ovos foram observados em macroalgas, nomeadamente, *Fucus* spp., *Laminaria* spp. e *Corallina*. Os invertebrados sésseis e eretos, em águas mais profundas, também se revelaram importantes na medida em que foram recolhidos ovos de pata-roxas de duas espécies de poríferos (*Haliclona oculata* e *Halichondria panícea*), de duas espécies de briozoários (*Flustra foliacea* e *Alcyonidium diaphanum*) e de três espécies de hidróides (*Hydrallmania falcata*, *Tubularia indivisa* e *Nemertesia antennina*).

A época de postura das cápsulas pode variar com a latitude, mas o período é geralmente bastante extenso. No sul de França, a postura ocorre ao longo de todo o ano, exceto em setembro, e com um pico em abril e agosto (Capapé *et al.*, 2008). Na Tunísia, de acordo com Capapé *et al.* (2014), a postura ocorre ao longo de todo o ano. No oeste da Irlanda, foram observadas fêmeas com cápsulas durante todo o ano, com máximos em Maio e mínimos em Outubro (Henderson e Casey, 2001). No Canal de Bristol, as fêmeas também se reproduzem ao longo de todo o ano, exceto em agosto e setembro, estando o pico da postura descrito para junho e julho (Ellis e Shackley, 1997). Em Portugal, Moura *et al.* (2017), tal como nos locais acima referidos, sugeriu que a postura ocorre ao longo de todo o ano, com maior intensidade em Maio. Cardoso (2014) sugeriu também que a postura ocorre ao longo de todo o ano, uma vez que foram encontradas fêmeas com capsulas no útero ao longo de todo o ano. Após a postura, o tempo de incubação dos ovos é de 5-6 meses em cativeiro, mas outros estudos reportaram ser entre 6 e 9 meses (Ellis e Shackley, 1997). Estas variações entre áreas geográficas são normais e verificam-se em várias espécies como, por exemplo, na *Leucoraja naevus* (Maia, 2010) e no *Galeus melastomus* (Capapé *et al.*, 2008a). Um dos fatores que poderá levar a estas variações é, por exemplo, a temperatura (Ellis e Shackley, 1997). O tamanho dos ovos também varia com o local onde se encontram e com o tamanho

da fêmea, sendo provavelmente maiores do Atlântico do que no Mediterrâneo (Ebert e Stehmann, 2013).

O comprimento de primeira maturação observado quer para machos quer para fêmeas varia com a área geográfica, com os indivíduos do mar Mediterrâneo a atingirem comprimentos menores do que os reportados para o oceano Atlântico (Tabela II). Segundo Bendiab *et al.* (2012) estas diferenças devem-se provavelmente à influência de parâmetros ambientais e geográficos, como por exemplo a passagem de correntes atlânticas que entram no Mediterrâneo pelo estreito de Gibraltar, ricas em material orgânico e fornecendo um enriquecimento ideal às águas desta bacia. No entanto, segundo Capapé *et al.* (2014), o progressivo aumento da pressão exercida pela pesca no Mediterrâneo, pode também contribuir para as diferenças observadas. Variações geográficas nas características reprodutivas, como o comprimento de primeira maturação, o tamanho das cápsulas, as taxas de deposição de ovos, e a sazonalidade, alguns dos quais aqui descritos, podem também acentuar-se devido ao reduzido potencial de dispersão de *S. canicula* e elevado grau de fidelidade ao habitat, sobretudo por parte dos indivíduos adultos (Barbieri *et al.*, 2014).

Apesar das diferenças entre áreas geográficas, na maioria dos estudos conclui-se que os machos atingem a maturidade a um menor comprimento e idade do que as fêmeas, o que poderá estar relacionado com a estratégia reprodutiva desta espécie. As fêmeas investem mais energia na ovulação e no desenvolvimento do ovo à medida que amadurecem, fazendo com que atinjam a maturidade mais tarde e a um comprimento maior, tendo um crescimento geralmente mais lento, especialmente após atingirem a fase adulta (Ivory *et al.*, 2005).

Tabela II – Compilação de estudos do Oceano Atlântico e do Mar Mediterrâneo, que englobam comprimentos máximos, comprimentos de maturação, idade máxima e idade de maturação.

Estudo	Local	Comprimento máximo		Comprimento 1ª maturação		Comprimento 50% maturação		Comprimento 100% maturação		Idade máxima		Idade 50% maturação	
		M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
Atlântico													
Ellis e Shackley (1997)	Canal de Bristol	-	-	49	52	52	55	55	65	-	-	-	-
Rodríguez-Cabello <i>et al.</i> (1998)	Mar Cantábrico	-	-	-	49,7-59,1	-	-	-	-	-	-	-	-
Henderson e Casey (2001)	Irlanda	-	-	53	52	57,5	58,1	-	-	7	10	-	-
Rodríguez-Cabello <i>et al.</i> (2005)	Mar Cantábrico	70	68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ivory <i>et al.</i> (2005)	Mar Celta e Mar da Irlanda	71,0	70,0	49,0	52,0	53,5	57,0	62,0	69,0	11	12	6,6	7,9
Mendes <i>et al.</i> (2004)	Costa Oeste de Portugal	62.9	62.6										
Cardoso (2014)	Costa Norte de Portugal	64.4	59.5			53.2	50.6						
Mediterrâneo													
Capapé <i>et al.</i> (2008)	França	55	51	43	41	-	-	-	-	-	-	-	-
Bendiab <i>et al.</i> (2012)	Argélia	-	-	-	36	-	-	-	-	-	-	-	-
Capapé <i>et al.</i> (2014)	Tunísia	52,1	53,1	-	34,6	-	-	-	-	-	-	-	-

2.3.4. Dieta

Scyllorhinus canicula é considerada uma espécie oportunista uma vez que se alimenta de uma grande diversidade de megafauna bentónica, nomeadamente moluscos, equinodermes, poliquetas, crustáceos, sipúnculos e tunicados. No entanto, decápodes e peixes constituem os itens mais frequentes na sua alimentação (Rodríguez-Cabello *et al.*, 2007). Em Portugal, num estudo realizado por Martinho *et al.* (2012) foram encontrados nos estômagos de pata-roxa principalmente crustáceos (ordem Decapoda, como *Pagurus spp.*),

teleósteos (*Sardina pilchardus*, *Trachurus trachurus* e *Scomber scombrus*), moluscos (maioritariamente cefalópodes) e, em menor abundância, poliquetas. Outro estudo realizado na costa oeste de Portugal revelou que os principais constituintes na dieta desta espécie foram os teleósteos (*Micromesistius poutassou*), misidáceos (género *Lophogaster*) e poliquetas (*Chloeia venusta*) (Machado, 1996). Na costa da Argélia, no Mar Mediterrâneo, a composição da sua dieta é muito semelhante à referida por Martinho *et al.* (2012), tendo sido encontrado em maior percentagem nos seus estômagos crustáceos e em seguida vertebrados, helmintes e cefalópodes (Bendiab *et al.*, 2016). O facto de serem encontrados para além de animais bentónicos, peixes pelágicos no seu estômago, como *Micromesistius poutassou* e *Trachurus trachurus*, revela que esta espécie não se alimenta apenas junto ao fundo mas também na coluna de água, sendo considerado também um predador pelágico (Martinho *et al.*, 2012; Bendiab *et al.*, 2016).

De um modo geral, a importância dos peixes na dieta da pata-roxa tende a aumentar com o seu comprimento, enquanto que os crustáceos são mais frequentemente encontrados nos estômagos de indivíduos mais pequenos (Rodríguez-Cabello *et al.*, 2007). Os teleósteos também ganham uma maior importância na sua dieta nos meses de primavera e verão (Martinho *et al.*, 2012). Segundo Rodríguez-Cabello *et al.* (2007), não existem diferenças entre os sexos no que respeita aos hábitos alimentares, apenas a intensidade de alimentação em indivíduos adultos parece maior em fêmeas do que em machos. Isto pode dever-se a que uma vez que as fêmeas atinjam a maturidade sexual, elas aumentem a atividade alimentar de modo a obterem mais energia para produzir os seus ovos. Alguns estudos demonstraram ainda que esta espécie ocupa um papel importante na teia trófica da comunidade de peixes demersais (Rodríguez-Cabello *et al.*, 1998) e, uma vez que tem um comportamento de “*scavenging*”, pode ser utilizada como um indicador na avaliação do impacto da atividade pesqueira no ecossistema (Rodríguez-Cabello *et al.*, 1997).

2.3.5. Caracterização das pescarias de *S. canicula*

Apesar de ser um elasmobrânquio bastante abundante, a pata-roxa possui, na maioria dos locais, um valor económico reduzido (Henderson e Casey, 2001), com exceção de algumas pescarias sazonais locais (ICES, 2017), como por exemplo no sul de França (Capapé

et al., 2008). Pode ser utilizada fresca ou seca para consumo humano, óleos e farinhas de peixes (Ebert e Stehmann, 2013) mas, uma vez que não possui grande valor, é frequentemente utilizada como isco nas pescarias de caranguejos, búzios (Ivory *et al.*, 2005) e lagostas (Henderson e Casey, 2001). É uma espécie acessória de outras pescarias em particular de arrasto dirigido a espécies demersais, redes de emalhar e de tresmalho (ICES, 2017). Em algumas regiões do Atlântico, é também uma espécie alvo em pescarias de recreio (Barbieri *et al.*, 2014) e em palangres e arrastos semi-pelágicos (Martinho *et al.*, 2011). Em Portugal, esta espécie é captura acessória das pescarias de arrasto dirigidas a crustáceos e a peixes demersais, bem como de pescarias operadas com redes de tresmalho e emalhar (Moura *et al.*, 2015). Os desembarques de *S. canicula* no Nordeste Atlântico têm-se mantido relativamente constantes ao longo dos anos (2005-2016). Em Portugal, entre 2005 e 2016, os desembarques variaram entre 520 e 595 toneladas (ICES, 2017). Os níveis de rejeição desta espécie são também elevados e variáveis consoante o tipo de frota, sendo difícil a sua quantificação (ICES, 2017). Contudo, quando devolvidos ao mar, apresentam taxas de sobrevivência que podem atingir 70% em algumas pescarias (Rodríguez-Cabello *et al.*, 2005a).

Nas águas da Península Ibérica as análises revelaram que, de uma forma geral, houve um aumento sustentado dos índices de biomassa nos últimos anos (ICES, 2017). No entanto, noutros locais como, por exemplo, na costa norte da Tunísia (Mar Mediterrâneo), têm-se verificado alguns declínios populacionais: há cinco décadas atrás esta espécie era muito frequente, constituindo 50% de todas as espécies capturadas pela arte de arrasto. Desde 2000, tem-se assistido a um declínio das suas capturas (Capapé *et al.*, 2014).

A pata-roxa *S. canicula* está classificada como “*Least concern*” (pouco preocupante) segundo a lista vermelha da IUCN (*International Union for the Conservation of Nature*) (Ellis *et al.*, 2009). Apesar de presentemente não ser uma espécie alvo de preocupações é muito importante manter a sua monitorização e melhorar o conhecimento da biologia e ecologia da espécie das diversas áreas da sua distribuição. Desta forma, caso se identifiquem ameaças que ponham em risco a sustentabilidade das populações, poderão ser postas em prática medidas de gestão e conservação adequadas à espécie.

3. Material e métodos

3.1. Amostragem

Dos 116 indivíduos utilizados neste estudo, 106 foram capturados entre Junho de 2015 e Novembro de 2016 durante as campanhas de investigação Demersal e de Crustáceos realizadas pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) no âmbito do Programa Nacional de Amostragem Biológica (PNAB-DCF). A esta amostra foram acrescentados 10 indivíduos capturados por embarcações de pesca comercial (arrasto de peixes). Neste estudo, apenas foram utilizados organismos capturados ao longo da costa oeste de Portugal, entre Nazaré e Sagres (Figura 1). As profundidades dos arrastos variaram entre os 51 e os 450 metros. Uma vez capturados, os indivíduos foram congelados e levados posteriormente para os laboratórios do IPMA (Lisboa).

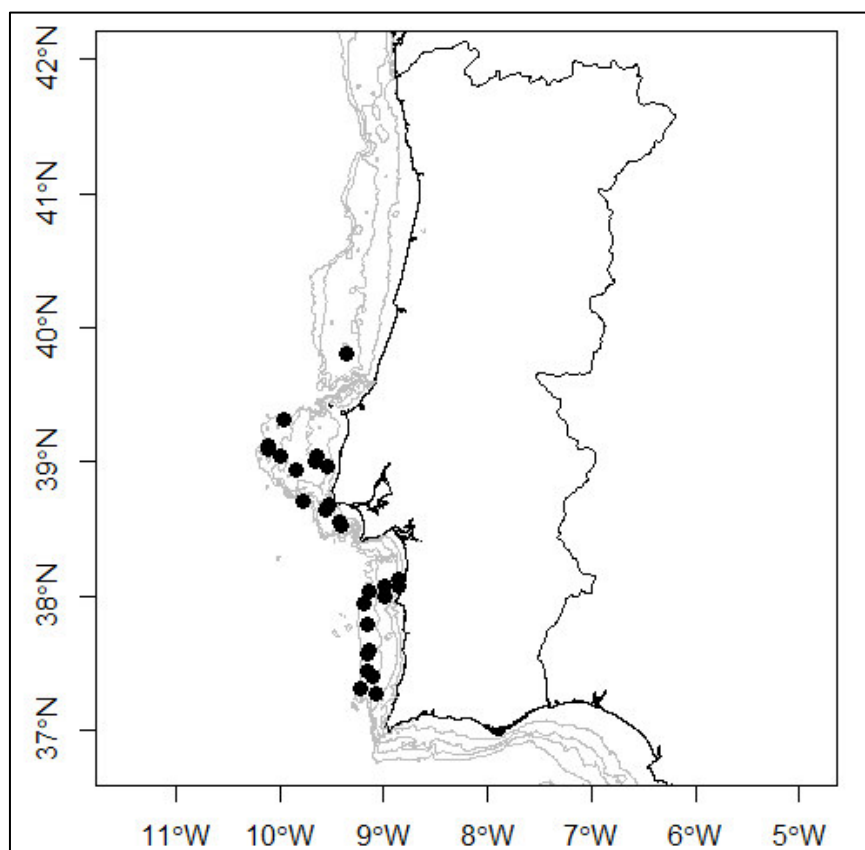


Figura 1 – Mapa de Portugal continental com a representação da zona costeira, das linhas batimétricas (100, 200, 500 e 1000 metros) e dos locais onde os indivíduos utilizados neste estudo foram capturados.

3.2. Medições dos indivíduos e extração das vértebras

Uma vez em laboratório, descongelaram-se os organismos e foram realizadas as seguintes medições morfométricas: comprimento total (CT, determinado ao milímetro inferior mais próximo) e peso total (P, determinado até ao miligrama inferior mais próximo). Registou-se também o sexo de cada um dos espécimes, bem como o seu estado de maturação seguindo a escala de maturação proposta por ICES (2010). De seguida, procedeu-se à extração das vértebras. Retirou-se uma secção de 10 a 15 vértebras logo após as barbatanas peitorais, local onde se encontram as vértebras de maiores dimensões. A análise destas vértebras permite uma melhor visualização das bandas e uma melhor correlação entre o crescimento das vértebras e do corpo (Ivory *et al.*, 2005; Baptista, 2010). Em seguida, as vértebras foram congeladas até ao seu processamento.

3.3. Limpeza das vértebras

Da secção de vértebras congelada, extraída de cada um dos 116 indivíduos, foram removidas cerca de 4/5 vértebras com a ajuda de um bisturi, com o objetivo de obter, pelo menos, 2 vértebras intactas. Em seguida, para que se conseguisse ter acesso à estrutura calcificada, foi necessária a remoção do tecido orgânico que envolve a mesma. Foram testadas duas técnicas de limpeza diferentes: a cozedura das vértebras e a imersão em hipoclorito de sódio (NaClO - também conhecido como lixívia). A primeira técnica foi testada numa secção inteira de 5 vértebras e em vértebras já separadas. Em ambos os casos as vértebras foram colocadas em água fervente (100°C) durante 5 a 10 min. Em seguida retiraram-se os restos mais difíceis com a ajuda de um bisturi e imergiram-se as vértebras em água destilada. Na segunda técnica, as vértebras já separadas foram imersas numa solução de NaClO por períodos de 5, 10, 15 e 20 minutos, colocando-se de seguida em água destilada por um período de 30 a 45 minutos, de modo a retirar restos de NaClO. O tecido orgânico remanescente na vértebra foi retirado com o auxílio de uma pinça e uma escova de dentes.

3.4. Técnicas de enaltecimento das bandas

Foram ainda testadas três técnicas de enaltecimento, com o objetivo de tornar as bandas de crescimento o mais nítidas possível, tendo todas como base a imersão das vértebras em ácido nítrico (HNO_3 a 5%) (Tabela III).

Tabela III – Resumo das metodologias testadas na limpeza das vértebras e no enaltecimento das bandas de crescimento. (“-”: combinação não testada; “✓”: combinação testada).

		Técnica de enaltecimento das bandas		
		Imersão em HNO_3 (5%)	Imersão em HNO_3 (5%) + Secagem na estufa	Imersão em HNO_3 (5%) + Hematoxilina
Método de limpeza	Cozedura	✓	-	-
	Imersão em NaClO	✓	✓	✓

O primeiro teste foi realizado nas vértebras em que o processo de limpeza escolhido foi cozedura. Após a imersão das vértebras em HNO_3 por períodos de 5 a 20 min, estas foram secas em papel e observadas à lupa. O segundo, realizado em amostras limpas com NaClO , incluiu a imersão em HNO_3 e a secagem em estufa. As vértebras foram submersas em HNO_3 por um período que variou entre 5 e 10 min, e em seguida foram colocadas em água destilada para que não restassem vestígios do ácido. Posteriormente, as vértebras foram colocadas numa estufa a 200°C , durante 5 e 10 min. A metodologia do terceiro teste foi semelhante à do anterior, no entanto, em vez de serem colocadas na estufa, as vértebras foram submersas num corante (hematoxilina), durante 1 minuto.

O quarto e último teste foi a descalcificação das vértebras com o HNO_3 a 5%, após a sua limpeza com NaClO . Depois de feita a limpeza, as vértebras foram colocadas numa solução de HNO_3 , entre 1 e 30 minutos, dependendo da dureza e tamanho de cada vértebra. Quando apresentassem uma consistência mais elástica e maleável, as vértebras eram retiradas e colocadas em água destilada cerca de 30 minutos para retirar qualquer vestígio de HNO_3 . Decorrido este tempo, pelo menos duas vértebras de cada indivíduo foram cortadas transversalmente e seccionaram-se longitudinalmente cada um dos cones, com o auxílio de

um bisturi. Deixaram-se secar as vértebras de um dia para o outro (cerca de 16h) e em seguida procedeu-se à contagem das bandas no estereomicroscópio.

3.5. Morfometria das vértebras

De forma a verificar a existência de alguma relação entre as diferentes dimensões da vértebra e o comprimento total dos indivíduos efetuaram-se, para cada um dos indivíduos, as seguintes medições morfométricas, recorrendo a uma craveira digital: comprimento total da vértebra (CTV), largura no centro (LC) e dois diâmetros [dorsoventral (DDV) e lateral (DL)] (Figura 2). Posteriormente, as relações existentes foram analisadas através de regressões lineares, considerando os sexos em separado.

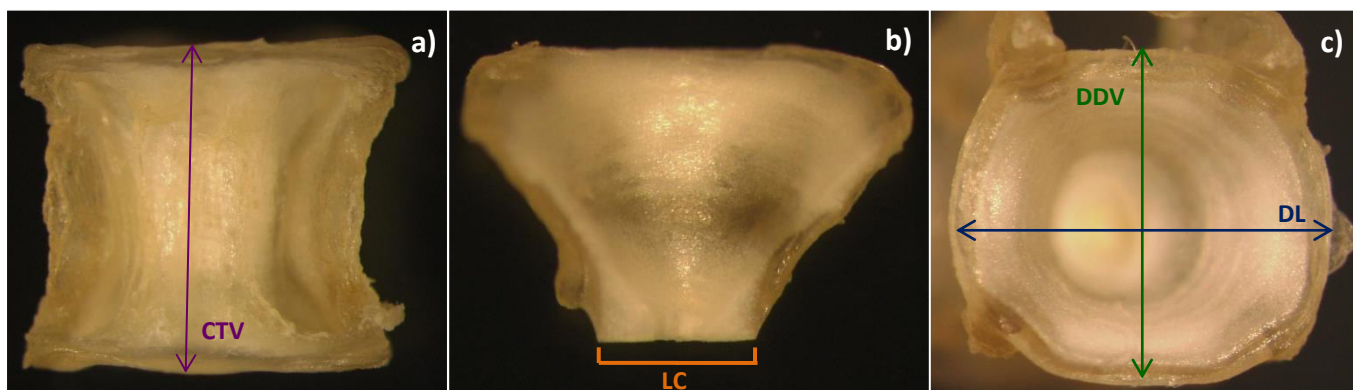


Figura 2 – Representação das medições: a) comprimento total da vértebra; b) largura do centro; c) diâmetros: diâmetro dorsoventral (DDV) e o diâmetro lateral (DL).

Recorrendo ao *software* TNPC 7.0, integrado no *Thermo Scientific™ Visilog Software* mediu-se a distância desde o centro da vértebra até à marca de eclosão, visível por uma pequena mudança de ângulo no cone (Goldman, 2005). Foi também medida a distância entre bandas e o raio (r) da vértebra (do centro da vértebra ao longo do eixo do *corpus calcareum* e até a sua extremidade), como representado na Figura 3. Estas medições foram realizadas para mais uma vez verificar a relação existente com o comprimento total dos indivíduos. A ampliação usada na observação de cada uma das vértebras foi sempre a mesma (28,5x), de modo a não haver erros de precisão.

3.6. Leitura das bandas – Estimativas de idade e validação

A estimativa da idade dos indivíduos realizou-se através da leitura das vértebras no estereomicroscópio OLYMPUS SZX9, utilizando sempre a mesma ampliação (28,5x), fazendo

a contagem das bandas translúcidas a partir da marca de nascença/eclosão (Figura 3). Após o corte transversal e longitudinal das vértebras, as bandas de crescimento foram contadas nas 4 secções obtidas, quando possível, de modo a ter maior consistência e confirmação do resultado. No entanto, a secção utilizada foi aquela que mostrou ser mais confiável na determinação da idade final (Campana, 2014). Para cada indivíduo foram tiradas fotografias para posterior análise, se necessário.

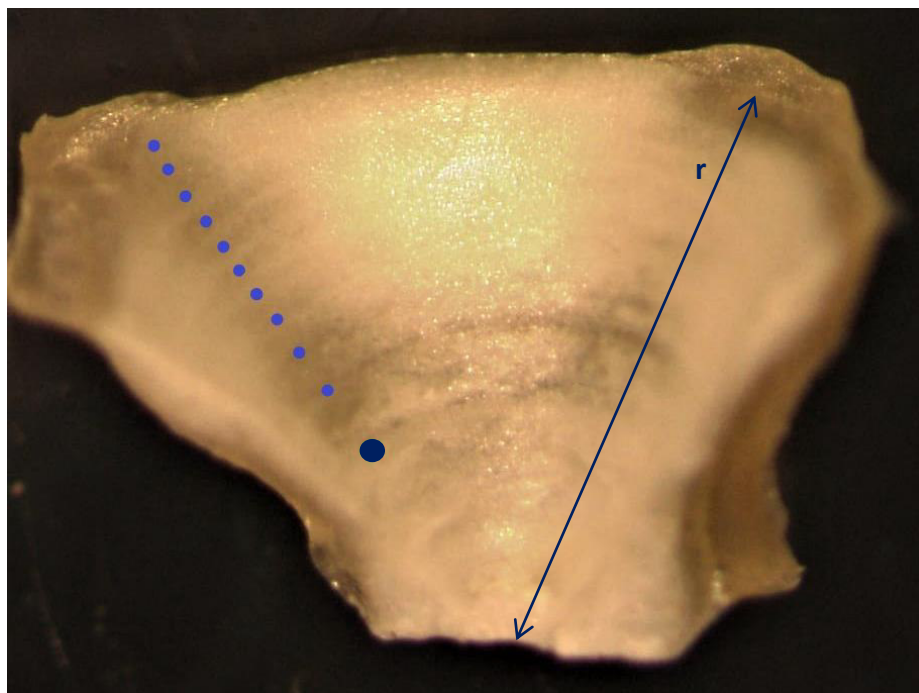


Figura 3 – Fotografia de uma vértebra de pata-roxa seccionada na qual é possível observar a marca de nascença/eclosão (●), a contagem dos pares de bandas (●) bem como o local onde é medido o raio (r) das vértebras do exemplar.

Durante o decorrer do estudo foram realizadas 2 leituras das vértebras pelo mesmo leitor, em períodos diferentes e de forma aleatória, sem conhecimento dos resultados anteriores e dos comprimentos dos indivíduos. Uma pequena amostra (30 vértebras) foi também lida por um segundo leitor, a fim de se avaliar a consistência dos resultados (Goldman, 2005).

A precisão da idade consiste na reprodutibilidade ou consistência de repetidas estimativas de idade numa dada estrutura. Foram utilizados os seguintes métodos para quantificar a precisão: concordância percentual (PA), erro percentual médio (APE) (Beamish e Fournier, 1981), coeficiente de variação (CV) (Chang, 1982). Também foram realizados *bias-*

plots de idade, que são uma ferramenta importante para avaliar enviesamentos, ou seja, diferenças sistemáticas (estimativas acima ou abaixo) entre leitores ou entre leituras (Campana, 2014).

A concordância percentual é um índice que permite comparar a precisão das leituras efetuadas, tanto por um leitor como por diferentes leitores (Goldman, 2005).

$$PA = \frac{n^{\circ} \text{ leituras concordantes}}{n^{\circ} \text{ total de leituras}} \times 100$$

Também pode comparar a percentagem de leituras que concordam inteiramente ou discordam em ± 1 , ± 2 , ± 3 , etc. anos (Coelho e Erzini, 2007).

O erro percentual médio (APE) é um índice que, ao contrário da concordância percentual, depende da idade e avalia a precisão de forma igual para todas as espécies (Beamish e Fournier, 1981). Os seus valores podem variar entre 0 e 100, sendo que valores mais baixos são indicadores de uma maior precisão, e valores mais elevados de uma menor precisão. O APE permite comparar leituras efetuadas tanto por um leitor como por diferentes leitores (Beamish e Fournier, 1981). Calcula-se através de:

$$APE_i = 100\% \times \frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \frac{|X_{ij} - X_j|}{X_j}$$

onde X_{ij} é a idade estimada na leitura i , X_j é a idade média do peixe j , e R é o número de leituras realizado para estimar a idade de cada peixe.

O coeficiente de variação (CV) é um índice igualmente dependente da idade. A sua diferença em relação ao APE é que, ao invés de usar a diferença absoluta, utiliza a variância, tornando-o consistente na precisão das várias leituras (Chang, 1982). Os seus valores são iguais aos do erro percentual médio (de 0 a 100), havendo maior precisão quando os valores de CV forem mais baixos (Chang, 1982). Calcula-se através de:

$$CV_j = 100\% \times \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^R \frac{(X_{ij} - X_j)^2}{R - 1}}}{X_j}$$

onde X_{ij} é a idade estimada na leitura i , X_j é a idade média do peixe j , e R é o número de leituras realizado para estimar a idade de cada peixe.

3.7. Modelação do crescimento

Existem vários modelos, e variações de modelos, que permitem estimar os parâmetros de crescimento em peixes. Os modelos mais frequentemente utilizados e que irão ser abordados e ajustado neste estudo são: curva de crescimento de von Bertalanffy e modelo de Gompertz (Goldman, 2005).

3.7.1 Curva de crescimento de *von Bertalanffy* (VBGF)

A VBGF é a função de crescimento mais utilizada em estudos de idade e crescimento de peixes cartilagíneos (Cailliet *et al.*, 2006). É descrita pela função:

$$L_t = L_{\infty}(1 - e^{-k(t-t_0)})$$

Onde t corresponde à idade, L_t ao comprimento previsto na idade t , L_{∞} ao comprimento máximo ou assintótico teórico, k ao coeficiente/taxa de crescimento, e t_0 corresponde à idade teórica em que o comprimento (L_t) = 0 (Cailliet *et al.*, 2006).

3.7.2 Curva de crescimento de *von Bertalanffy* com L_0 fixo (VBGF, L_0)

Uma vez que o comprimento das pata-roxas aquando a eclosão é conhecido [10 cm, (Ivory *et al.*, 2005)], pode ser utilizado um modelo alternativo ao tradicional VBGF, com 2 parâmetros (VBGF, L_0). Neste último sugere-se que se utilize o L_0 , quando conhecido, em vez do t_0 , que é utilizado como um parâmetro fixo (Goldman, 2005). Este modelo alternativo de von Bertalanffy é descrito por:

$$L_t = L_{\infty} - (L_{\infty} - L_0)e^{-kt}$$

Onde L_0 é o comprimento total aquando a eclosão.

3.7.3 Modelo de Gompertz

O modelo de Gompertz é um dos modelos sigmóides mais frequentemente utilizados para ajustar os dados de crescimento (Tjørve e Tjørve, 2017). Este descreve um crescimento cuja taxa instantânea de crescimento estimada decresce exponencialmente em função do tempo (Goldman, 2005; Borges, 2008). É definida por:

$$L_t = L_{\infty} e^{-e^{-g(t-t_0)}}$$

Onde g corresponde à taxa de crescimento instantâneo.

Os modelos foram ajustados através do programa estatístico *R*, e para cada um foi calculado o r^2 . As taxas de crescimento foram calculadas para machos e fêmeas em separado e comparados através do teste Hotelling's T^2 . De modo a comparar a qualidade dos três modelos ajustados foi utilizado o AIC (Critério de informação Akaike), sendo que quanto menor o valor AIC, melhor será o ajuste do modelo aos dados da amostra (Baptista, 2010).

4. Resultados

4.1. Caracterização da amostra

Foram amostrados 116 indivíduos, 69 (59,5%) machos e 47 (40,5%) fêmeas. A distribuição dos espécimes por classes de comprimento e por sexo pode ser observada na Figura 4.

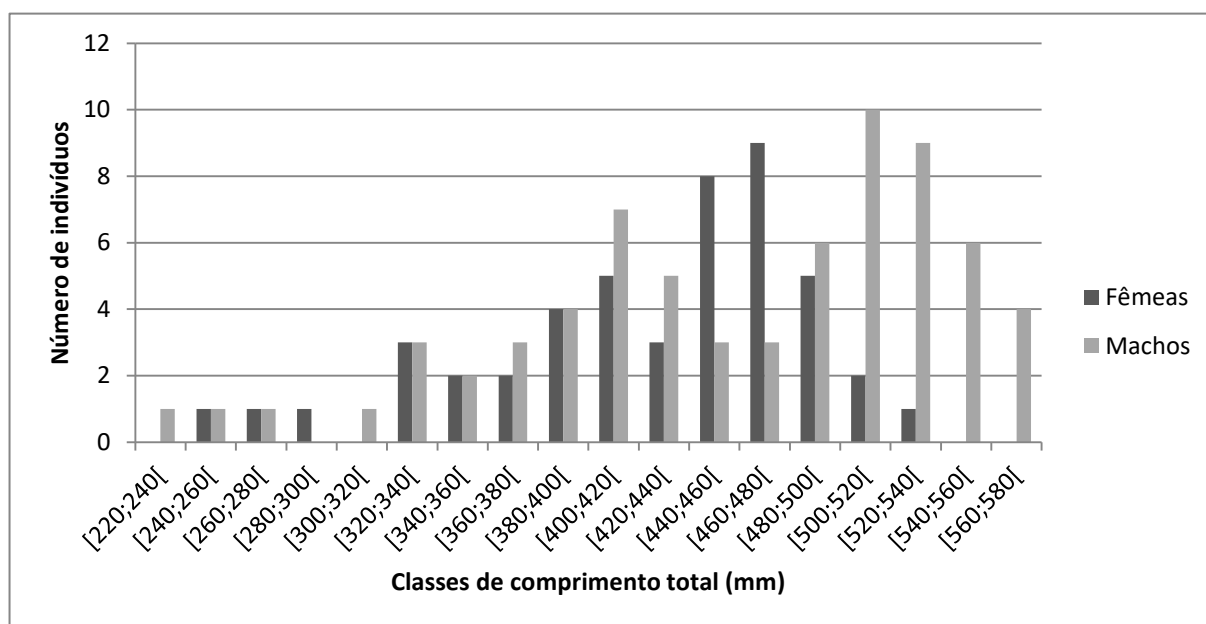


Figura 4 – Distribuição dos indivíduos constituintes da amostra por classes de tamanho e por sexo.

O comprimento dos machos variou entre os 222 e os 571 mm, enquanto que o das fêmeas variou entre os 242 e 523mm. Os machos abrangeram uma maior quantidade de classes de comprimento, encontrando-se em maior número entre os 500 e os 540 mm. Já as fêmeas apresentaram maior abundância entre os 440 e os 480 mm de comprimento. Nas classes de comprimentos menores e maiores, apenas se observaram indivíduos do sexo masculino.

4.2. Processamento das vértebras e enaltecimento das suas bandas

Foram testados dois métodos de limpeza das vértebras e 3 técnicas de enaltecimento das bandas de modo a conseguir obter os melhores resultados possíveis. Na tabela IV pode

observar-se os resultados obtidos para cada método e técnicas utilizadas, sendo que só um método de limpeza e uma técnica de enaltecimento funcionaram em conjunto.

Tabela IV – Resumo dos resultados obtidos após serem testas as combinações entre os métodos de limpeza das vértebras e as técnicas de enaltecimento das suas bandas (“X”: não houve resultados satisfatórios; “-”: a combinação entre método de limpeza e técnica de enaltecimento não foi testada; “✓”: houve resultados satisfatórios).

		Técnica de enaltecimento das bandas		
		Imersão em HNO ₃ (5%)	Imersão em HNO ₃ (5%) + Secagem na estufa	Imersão em HNO ₃ (5%) + Hematoxilina
Método de limpeza	Cozedura	X	-	-
	Imersão em NaClO	✓	X	X

Ambos os métodos de limpeza permitiram remover os tecidos com relativa facilidade. No entanto, a técnica de imersão em NaClO foi a selecionada para este estudo, com períodos de imersão nesta solução de 5 minutos, seguidos de imersão em água destilada por um período de 30 minutos, uma vez que consumia menos tempo e apresentava uma menor probabilidade de provocar alterações na estrutura das vértebras.

Quanto às técnicas de enaltecimento, o primeiro teste, onde foi conjugado a cozedura com a imersão em HNO₃, não mostrou qualquer resultado uma vez que não foi possível observar qualquer banda de crescimento, à lupa. No segundo teste, em que se utilizou a imersão em NaClO, em HNO₃ e a secagem em estufa, embora tenham sido observadas algumas bandas, estas eram pouco nítidas, o que impossibilitou a correta contagem das mesmas, não produzindo os resultados pretendidos. O terceiro teste, semelhante ao anterior mas em vez de as vértebras serem secas na estufa foram submersas em hematoxilina, também não mostrou bons resultados uma vez que a vértebra ficou demasiado escura devido ao corante, dificultando a contagem das bandas de crescimento.

A única combinação que possibilitou a contagem das bandas de crescimento, e que foi a selecionada para este estudo, foi a da limpeza com NaClO e a descalcificação das vértebras

(imersão em HNO_3 a 5%). O tempo de imersão em HNO_3 foi o passo mais crítico em todo o processo visto que tempo a menos não permitia a visualização de bandas de crescimento e tempo a mais poderia danificar a vértebra até ao ponto de não ser possível ver a estrutura com clareza.

4.3. Morfometria das vértebras

É possível observar, através da Figura 5, que existe uma relação linear entre o comprimento total da vértebra (CTV) e o comprimento total do indivíduo em ambos os sexos (machos: $R^2=0.95$; fêmeas: $R^2=0.96$). Isto significa que quanto maior o comprimento do indivíduo, maior o tamanho da sua vértebra. O mesmo acontece com o raio e com os diâmetros da vértebra (Anexo I- Figuras 11, 12 e 13).

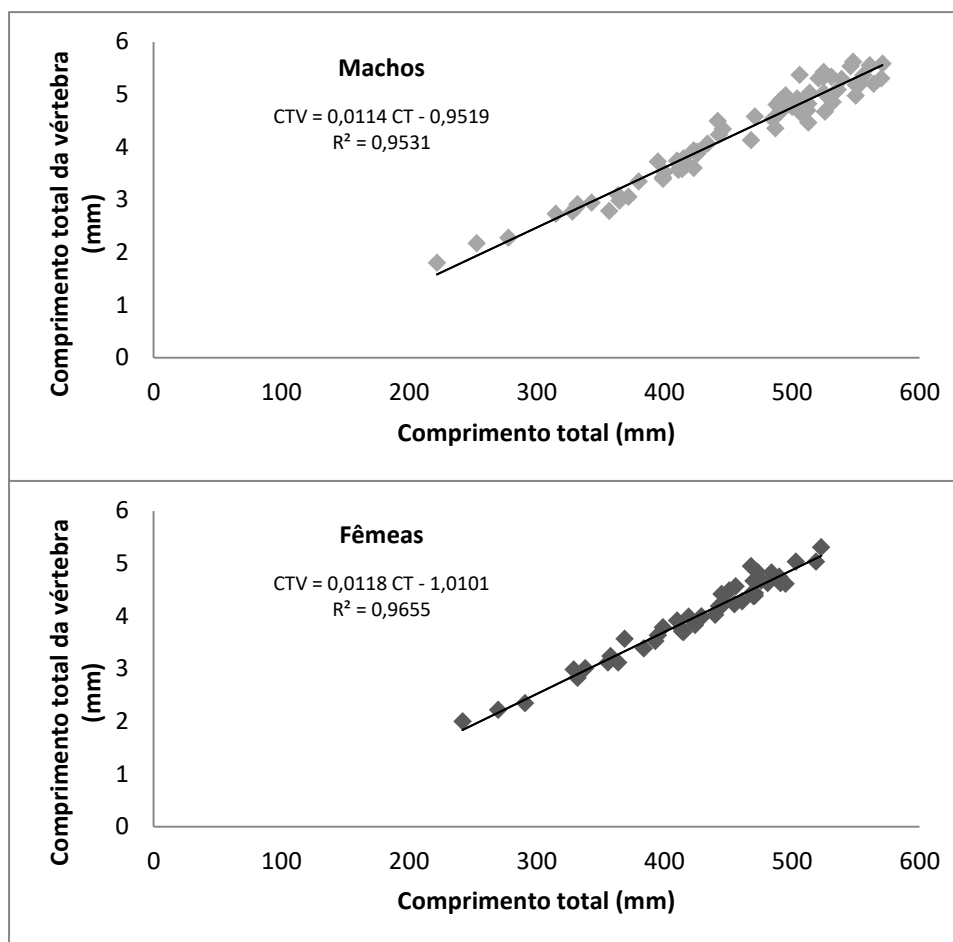


Figura 5 – Representação da relação existente entre o comprimento total dos indivíduos e o comprimento total da sua vértebra. Também as equações das regressões, bem como os respetivos coeficientes de determinação (R^2), são apresentados na figura.

Quanto à distância do centro da vértebra à marca de nascença (Anexo I- Figura 14) não há uma relação acentuada entre esta medida e o comprimento do indivíduo. Na largura no centro (Anexo I- Figura 15) já se encontra uma maior relação com o comprimento total da pata-roxa, sobretudo nos machos.

4.4. Estimativas de idade

A Figura 6 e a Tabela V apresentam os resultados da análise de concordância percentual entre leituras e entre leitores. Ambas as análises mostram que a concordância entre leituras é relativamente elevada (61.21% e 70%, respetivamente). As maiores diferenças foram observadas entre leituras do primeiro leitor, registando-se, em alguns casos, diferenças de 4 bandas.

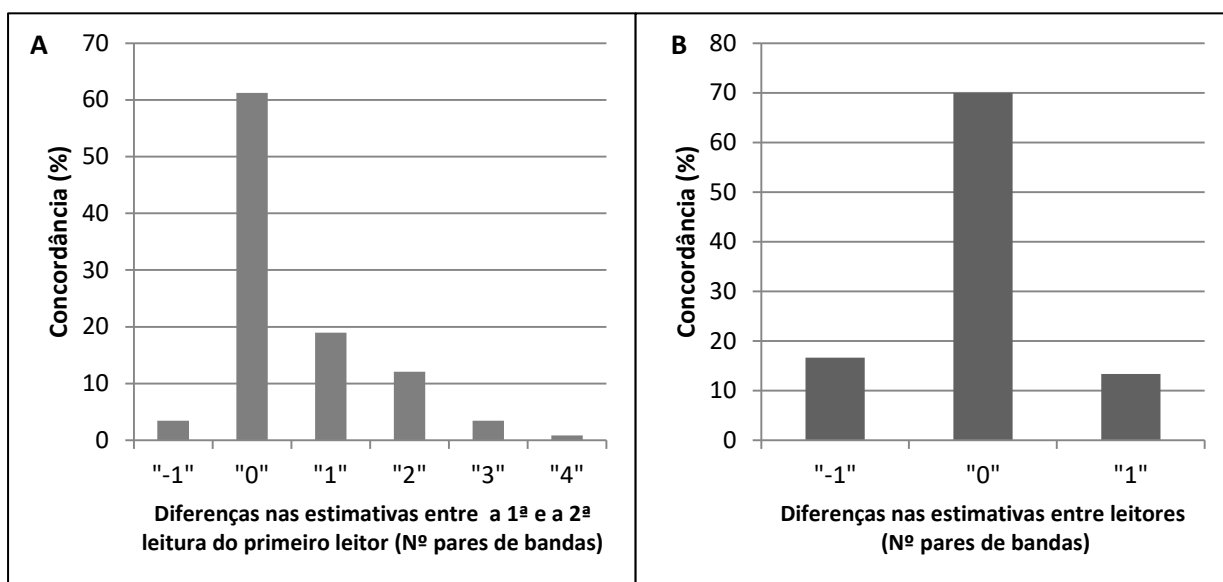


Figura 6 – Representação da variação relativa dos erros nas estimativas de idade entre leituras do primeiro leitor (A) e entre a última leitura do primeiro leitor com a leitura do segundo leitor para uma amostra de 30 indivíduos (B).

Também os índices CV e APE (Tabela V), tanto para as leituras do mesmo leitor como para aquelas entre leitores, revelam níveis de consistência e precisão aceitáveis, uma vez apresentam valores relativamente baixos, encontrando-se dentro dos limites estabelecidos por Campana (2001).

Tabela V – Índices de precisão, e respetivo resultado, das idades estimadas entre a primeira e a segunda leitura do 1º leitor, e entre as observações de ambos os leitores.

Índice	1º Leitor %	2º Leitor %
PA	61,21	70
CV	6,9	3,05
APE	4,9	2,16

Na figura seguinte (Figura 7) é possível verificar que, em média, na segunda leitura foram dadas idades mais elevadas do que para a primeira leitura. Também se observa que à medida que a idade da primeira leitura aumenta, ocorre uma variação maior da idade atribuída na segunda leitura, embora esta variação não seja muito acentuada.

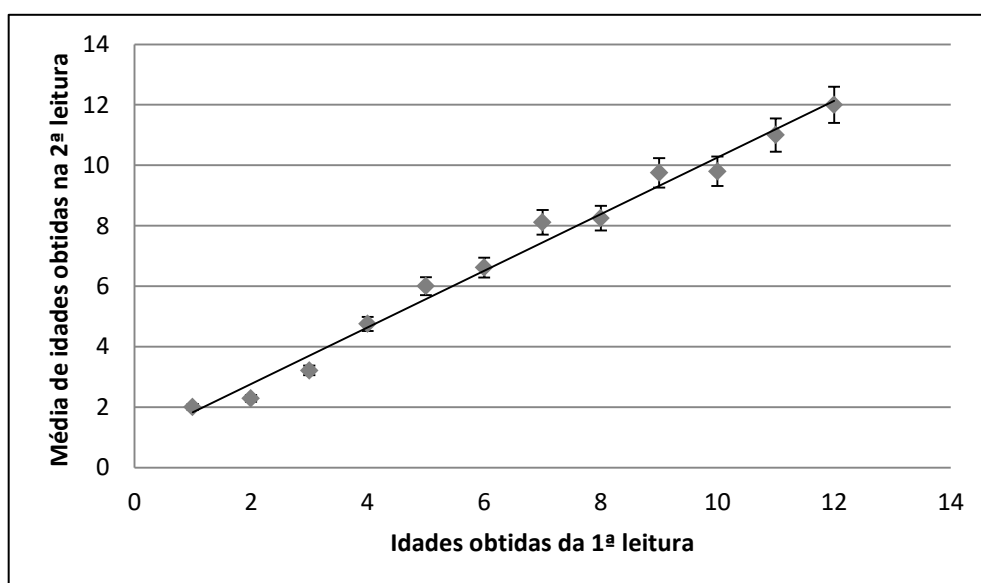


Figura 7 – Gráfico de *age-bias* no qual se compara as idades estimadas na primeira leitura com as idades médias obtidas na segunda leitura do 1º leitor, com um intervalo de confiança de 95%.

Uma vez que se trata de um leitor inexperiente, admitiu-se que a segunda leitura efetuada pelo primeiro leitor seria a mais correta e precisa, devido ao treino progressivo com a crescente leitura de vértebras. Por esse motivo estimativas da segunda leitura foram as selecionadas para modelar o crescimento desta amostra de pata-roxas.

As idades estimadas para os machos variaram entre os 2 e os 12 anos, enquanto que as das fêmeas variaram entre os 2 e os 11 anos.

4.5. Modelação do crescimento

- Modelo Von Bertalanffy

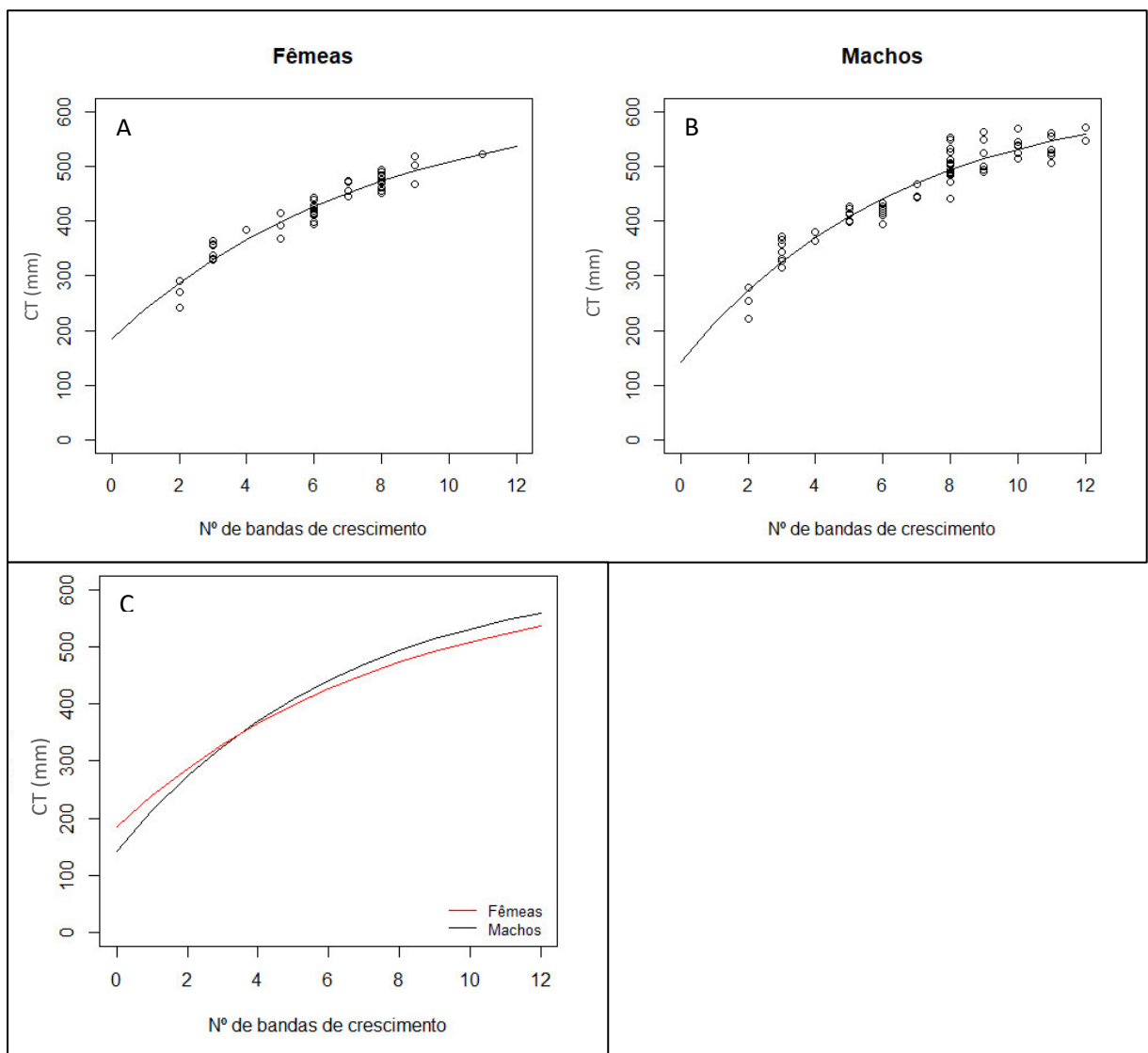


Figura 8 – Modelo de Von Bertalanffy ajustado aos dados de idade-comprimento das fêmeas (A), dos machos (B) e dos dois sexos em conjunto (C).

- Modelo Von Bertalanffy com L_0 fixo

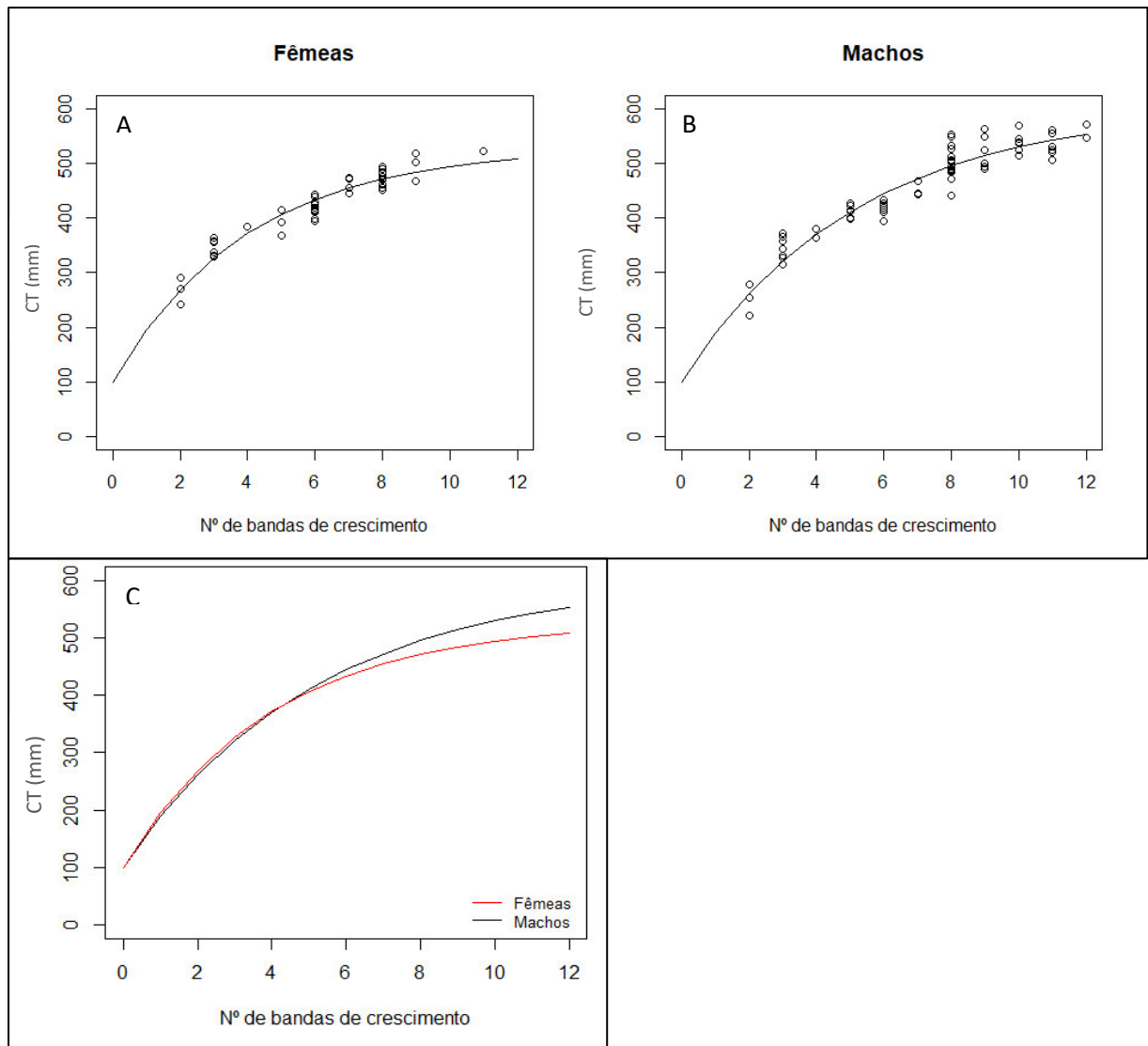


Figura 9 – Modelo de Von Bertalanffy com L_0 fixo ajustado aos dados de idade-comprimento das fêmeas (A), dos machos (B) e dos dois sexos em conjunto (C).

- Modelo de Gompertz

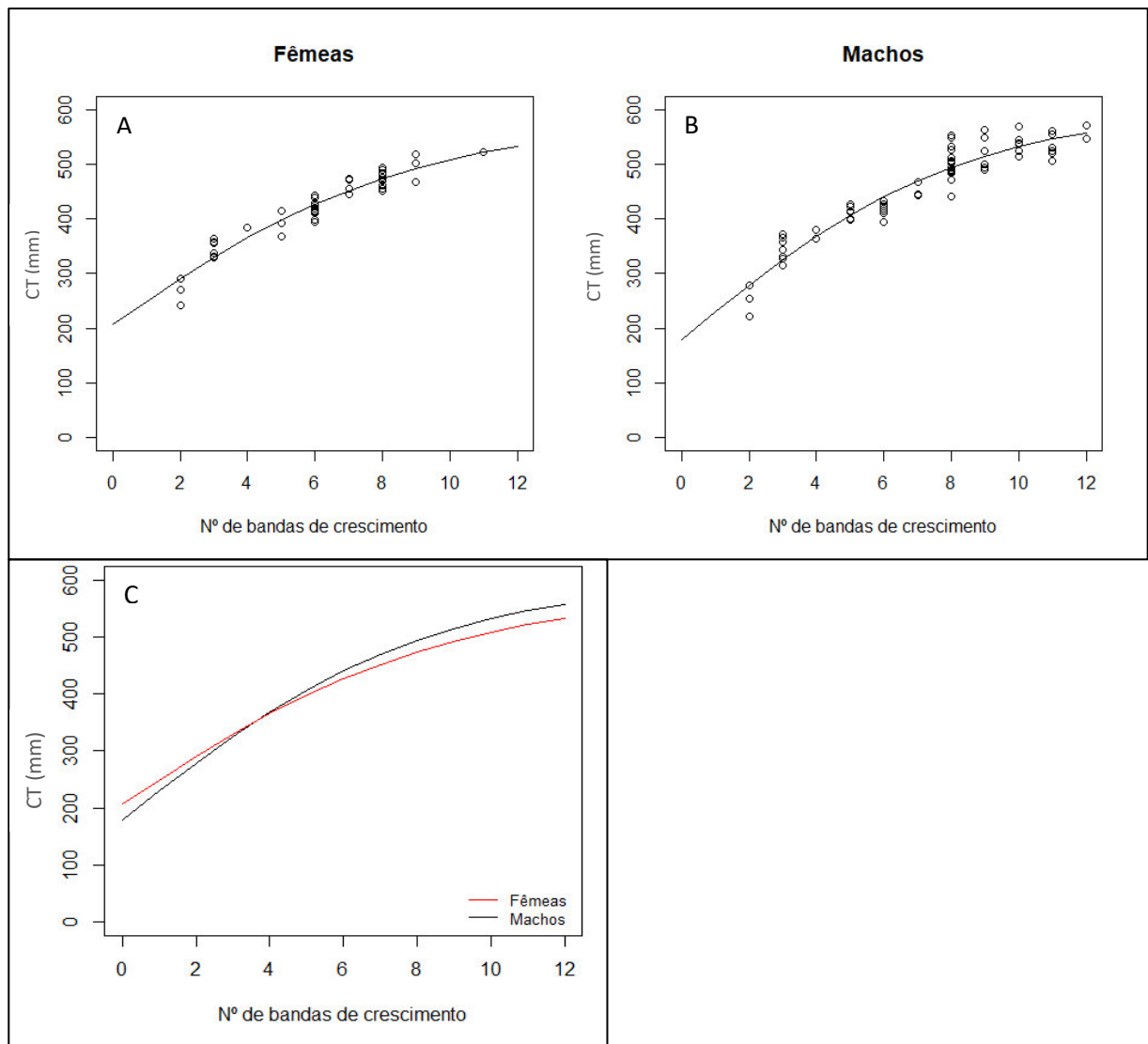


Figura 10 – Modelo de Gompertz ajustado aos dados de idade-comprimento das fêmeas (A), dos machos (B) e dos dois sexos em conjunto (C).

Tabela VI – Comparação dos parâmetros estimados por cada um dos modelos, separando os dados por sexo.

Modelo de crescimento	Parâmetro	Fêmeas	Machos
von Bertalanffy	L_{inf} (mm)	624.8	636.0
	k (ano ⁻¹)	0.13	0.16
	t_{01} (ano)	-2.61	-1.61
	r^2 (ajust.)	0.92	0.94
	AIC	410	645
von Bertalanffy L_0 fixo	L_{inf} (mm)	530.5	602.8
	k (ano ⁻¹)	0.25	0.19
	r^2 (ajust.)	0.87	0.97
	AIC	416	646
Gompertz	L_{inf} (mm)	589.4	606.1
	g (ano ⁻¹)	0.20	0.22
	t_{02} (ano)	0.21	0.27
	r^2 (ajust.)	0.92	0.90
	AIC	411	646

Todos os modelos testados tiveram bons níveis de ajuste dos dados (Figura 8, 9 e 10). O valor r^2 mais elevado foi obtido no ajuste do modelo VBGF com L_0 fixo aos dados dos machos. Os três modelos apresentaram valores de AIC bastante semelhantes entre si (dentro de cada sexo) (Tabela VI).

Para todos os modelos foram encontradas diferenças significativas entre os parâmetros de crescimento de machos e fêmeas ($p < 0.05$). Nos modelos VBGF e Gompertz, os machos obtiveram coeficientes de crescimento superiores em comparação com as fêmeas, mas no modelo VBGF com L_0 fixo verificou-se o contrário, sendo as fêmeas a apresentar a maior taxa de crescimento.

Os 3 modelos ajustados produziram valores de L_0 diferentes entre si. No modelo VBGF com L_0 fixo o valor do comprimento de eclosão introduzido foi de 100 mm (Rodríguez-Cabello *et al.*, 1997; Rodríguez-Cabello *et al.*, 2005), para ambos os sexos. Nos outros dois modelos, o comprimento aquando da eclosão foi mais elevado, contudo o VBGF obteve resultados de L_0 mais próximos dos referidos na literatura, principalmente no caso dos machos. No modelo Gompertz também se verificou esta diferença entre o comprimento de nascença entre machos e fêmeas, mas com uma discrepância menor e valores mais elevados.

O L_{inf} , ou comprimento máximo assintótico, foi mais elevado para os machos em todos os modelos. Os maiores valores de L_{inf} foram obtidos com o modelo VBGF. O L_{inf} obtido para as fêmeas com o modelo VBGF com L_0 foi relativamente baixo.

5. Discussão

Os estudos que incidem sobre a história de vida das espécies são imprescindíveis para que a gestão dos recursos seja o mais eficiente possível. Em especial, as características relacionas com as dinâmicas populacionais são de extrema importância quando se quer perceber como determinadas espécies irão reagir à pressão exercida pela pesca (Ivory *et al.*, 2005; Cailliet *et al.*, 2015). Embora a pata-roxa seja abundante na costa portuguesa e os seus desembarques sejam relativamente constantes ao longo do tempo, é também uma espécie frequentemente rejeitada (ICES, 2017). Por este motivo, é importante monitorizar e melhorar o conhecimento desta espécie, de forma a assegurar que os níveis populacionais se mantêm. Estudos sobre a biologia das espécies estão a ganhar cada vez mais importância para a avaliação do estado das populações, dadas as orientações do ICES para se obterem pontos de referência biológica para cada *stock*. Para tal é particularmente importante ter estimativas dos parâmetros de crescimento (ICES, 2017). Embora tenham sido desenvolvidos bastantes estudos sobre a sua ecologia e comportamento, são relativamente poucos os que falam sobre a idade e crescimento, principalmente através da preparação das vértebras.

No presente estudo houve uma ligeira diferença entre o número de machos e fêmeas amostrados, sendo que nem todas as classes de comprimento têm indivíduos de ambos os sexos. O comprimento máximo registado para machos e fêmeas foi de 571 e 523 mm, respetivamente, comprimentos inferiores ao máximo observado para a mesma espécie noutras áreas do Oceano Atlântico. No Mar Céltico e Mar da Irlanda foram registados os comprimentos mais elevados, 710 e 700 mm para machos e fêmeas respetivamente (Ivory *et al.*, 2005). Na costa oeste de Portugal registaram-se comprimentos máximos de 644 mm para os machos e 626 mm nas fêmeas (Mendes *et al.*, 2004; Cardoso, 2014).

No que diz respeito ao processamento das vértebras no presente estudo, apenas uma combinação de método de limpeza e técnica de enaltecimento das bandas permitiu obter resultados satisfatórios. A conjugação da limpeza através de cozedura e da imersão em HNO_3 , não providenciou bons resultados, não tendo sido possível observar bandas de crescimento. Uma possibilidade para tal ter ocorrido é de a cozedura ter provocado alterações estruturais na vertebra, impossibilitando a visualização das bandas após a imersão em HNO_3 . Porém, num estudo realizado por Fujinami *et al.* (2018) com *Prionace glauca*, a técnica utilizada para a limpeza das vertebrae foi a cozedura e obtiveram bons

resultados tanto na limpeza como no enaltecimento e observação das bandas. Neste mesmo estudo, testaram a técnica de enaltecimento das bandas através da cozedura na estufa, tendo obtido bons resultados. Apesar de ser uma técnica utilizada com sucesso em alguns peixes cartilagíneos (Machado e Figueiredo, 2000; Moura *et al.*, 2004; Moura *et al.*, 2011) a imersão das vértebras em HNO_3 e coradas com hematoxilina, não produziu resultados satisfatórios. A única combinação que produziu bons resultados e permitiu a observação das bandas de crescimento foi a imersão das vértebras em hipoclorito de sódio com posterior imersão em HNO_3 . Os mesmos resultados foram obtidos por Correia e Figueiredo (1997), na espécie *Galeus melastomus*, e por Henderson e Casey (2001), na pata-roxa *S. canicula*, embora neste último o método de limpeza tenha sido diferente.

Relativamente às medições morfométricas, os resultados obtidos indicam que o crescimento da vértebra, em qualquer uma das direções, é proporcional ao crescimento do indivíduo, sendo esta uma estrutura adequada para as estimativas de idade (Kadri *et al.*, 2012) e para determinar se o crescimento da vertebra é proporcional ao crescimento somático dos indivíduos (Conrath *et al.*, 2002). Estes resultados foram também obtidos noutros estudos, quer para a pata-roxa (Henderson e Casey, 2001; Ivory *et al.*, 2005), quer para outras espécies de tubarões demersais e pelágicos (Joung *et al.*, 2004; Romine *et al.*, 2006; Baptista, 2010; Andrade *et al.*, 2017). Por sua vez, a distância medida do centro da vértebra à marca de nascença aumentou ligeiramente com o comprimento dos espécimes, o que não se verificou no estudo de Ivory *et al.* (2005). O facto de a pata-roxa ser uma espécie que não tem época de reprodução, ou seja, reproduz-se ao longo de todo o ano, embora com picos de reprodução, pode ser uma causa da imprecisão na distinção desta marca de nascença e na datação da primeira banda de crescimento (Mejía-Falla *et al.*, 2014). Por fim, a relação existente entre a largura no centro da vértebra e o comprimento dos indivíduos mostra que há um aumento ligeiro da largura no centro com o aumento no comprimento da pata-roxa. Isto pode dever-se a que, cada vez que há a deposição de uma banda de crescimento, também haja uma pequena deposição de cálcio no centro da vértebra.

Verificou-se uma concordância elevada (83.61%) entre as duas leituras do 1º leitor, quando considerada a concordância total e de ± 1 ano. A concordância percentual é o índice tradicional de precisão da idade, no entanto muitos autores têm demonstrado que este é inadequado. Isto deve-se em grande parte ao facto de variar bastante tanto entre as

espécies como entre as idades dentro da mesma espécie (Campana, 2001; Goldman, 2005), sendo que valores semelhantes de concordância percentual podem ter diferentes significados dependendo do intervalo de idades estimadas (Beamish e Fournier, 1981). Embora o APE e o CV produzam valores semelhantes, este último é estatisticamente mais rigoroso e flexível (Campana, 2001). Campana (2001) sugere que estudos de idade podem ser realizados com CV menor que 7,6%, que corresponde a um APE de 5,5%. Estes valores de referência estão acima dos observados neste estudo, revelando que entre leituras houve uma precisão elevada das estimativas de idade, o que dá confiança à utilização das estimativas de idade na modelação do crescimento. No entanto, importa referir que muitos estudos de idade em elasmobrânquios, que utilizaram vértebras para estimar as idades, apresentaram valores de CV superiores a 10 %.

Uma vez que na primeira leitura o leitor era ainda inexperiente, considerou-se a segunda leitura quer para comparação com o segundo leitor, quer para efeitos de modelação do crescimento. Uma amostra de 30 vértebras foi posteriormente lida por um leitor mais experiente, para avaliar a consistência dos dados. Viu-se que houve uma concordância de 100% quando considerada a concordância total e de ± 1 ano, significando que há uma boa consistência dos resultados entre diferentes leitores. Contudo, as maiores discrepâncias entre leituras do 1º leitor verificaram-se em indivíduos de maior comprimento. Este é um problema comum a outros estudos com elasmobrânquios, possivelmente devido à maior incerteza em interpretar e distinguir as bandas de crescimento junto à margem da vértebra, especialmente o último par de bandas formado (Ferreira e Vooren, 1991; Duarte *et al.*, 2001).

A modelação matemática tem sido utilizada em biologia pesqueira de modo a auxiliar no estudo e interpretação de processos biológicos. Os modelos de crescimento de peixes podem definir-se como modelos matemáticos que utilizam parâmetros constantes para descrever o crescimento médio dos peixes (Borges, 2008).

Todos os modelos de crescimento testados (VBGF, VBGF com L_0 fixo e Gompertz) sugerem a existência de diferenças no crescimento entre machos e fêmeas. De forma geral, os machos têm taxas de crescimento mais elevadas do que nas fêmeas (com exceção dos resultados obtidos com o modelo de VBGF com L_0 fixo) bem como valores de L_{inf} maiores. Ivory *et al.* (2005) obteve o mesmo resultado quando ajustou os seus dados ao modelo de

VBGF. De facto, as fêmeas investem mais energia na ovulação e no desenvolvimento do ovo à medida que amadurecem, fazendo com que tenham um crescimento geralmente mais lento do que os machos (Ivory *et al.*, 2005). Por outro lado, outros estudos sobre a espécie reportam comprimentos máximos superiores nos machos (Rodríguez-Cabello *et al.*, 2005; Capapé *et al.*, 2008). Curiosamente, embora neste estudo tenham sido estimados valores de comprimento total maiores para os machos e taxas de crescimento menores para as fêmeas, é comum, noutras espécies de elasmobrânquios, as fêmeas apresentarem uma taxa de crescimento mais reduzida mas atingirem comprimentos máximos mais elevados (Conrath *et al.*, 2002; Driggers *et al.*, 2004; Romine *et al.*, 2006; Gennari e Scacco, 2007; Baptista, 2010; Kadri *et al.*, 2012; Mejía-Falla *et al.*, 2014; Andrade *et al.*, 2017).

A qualidade do ajuste foi elevada em todos os modelos testados. O modelo VBGF parece traduzir de forma adequada o crescimento esperado para a espécie, mas apenas no caso dos machos. No entanto, reconhece-se que existiram algumas deficiências na amostragem: o número de fêmeas amostradas terá de ser superior e, em ambos os sexos, será importante, em estudos futuros, abranger todas as classes de comprimento. Neste estudo, as classes de comprimento mais pequenas (até aos 250 mm) e maiores (a partir do 550 mm) estão pouco representadas, o que poderá condicionar o ajuste do modelo e, consequentemente, enviesar as estimativas dos parâmetros de crescimento. Por exemplo, os valores de L_0 sugeridos pelos modelos VBGF (fêmeas) e Gompertz são superiores aos esperados e diferem entre machos e fêmeas, não sendo, portanto, realistas do ponto de vista biológico. Estes valores estão certamente relacionados com a falta de amostras nas classes de comprimento mais pequenas. Para colmatar esta falta de informação, testou-se o modelo VBGF com L_0 fixo, no qual a origem da curva é forçada ao comprimento de eclosão. Apesar de se desconhecer o comprimento de eclosão na costa portuguesa, no modelo VBGF com L_0 adotou-se, para ambos os sexos, o valor observado na costa norte de Espanha quer na região das ilhas Britânicas, de 10 cm (Ivory *et al.*, 2005; Rodríguez-Cabello *et al.*, 2005). No entanto, e provavelmente devido à pouca representação de espécimes de maiores dimensões na amostra, os valores de L_{inf} não são realistas, estando abaixo dos comprimentos máximos registados para a espécie na costa portuguesa, que correspondem a 644 mm para os machos e 626 mm para as fêmeas (Machado, 1996; Mendes *et al.*, 2004; Cardoso, 2014). Este problema observa-se também nos resultados obtidos com o modelo de

Gompertz. Para este parâmetro, o VBGF é o que apresenta valores mais próximos aos observados em Portugal.

As idades estimadas neste estudo variaram entre os 2 e os 12 anos, nos machos, e entre os 2 e os 11 anos, nas fêmeas. No estudo de Machado *et al.* (1996), também realizado ao longo da costa portuguesa, foram estimadas idades máximas de 10 anos para as fêmeas e de 11 anos para os machos. Ivory *et al.* (2005) obteve idades máximas idênticas para *S. canicula* do Mar Céltico e Mar da Irlanda, embora tenham sido as fêmeas a atingir os 12 e os machos os 11 anos. Na costa oeste da Irlanda, Henderson e Casey (2001) obtiveram idades máximas de 7 anos para os machos e de 10 anos para as fêmeas. Correia e Figueiredo (1997) e Baptista (2010) fizeram estudos de idade e crescimento em *Galeus melastomus* e estimaram idades máximas de 8 anos, e de 14 (machos) e 17 (fêmeas) anos, respetivamente. Uma vez que ambas as espécies são próximas (pertencem à mesma ordem) é possível que os seus crescimentos tenham dinâmicas semelhantes (Baptista, 2010).

Relacionando os dados obtidos nos estudos de idade e crescimento através de vertebrae, em pata-roxas na costa da Irlanda (Henderson e Casey, 2001; Ivory *et al.*, 2005), com os resultados do presente estudo, pode observar-se que, para a mesma idade, ou idades inferiores, amostraram-se indivíduos de maiores dimensões do que os encontrados na costa portuguesa. Embora estejam em falta amostras de indivíduos de maiores dimensões, uma das hipóteses para explicar esta variação pode estar relacionada com o método de preparação das vértebras. Embora o método de enaltecimento das bandas utilizado por Henderson e Casey (2001) tenha sido semelhante ao deste estudo, o de Ivory *et al.* (2005) envolveu a imersão em violeta cristal, o que à partida não provoca alterações na estrutura da vértebra como o ácido nítrico o faz. Outra hipótese que pode explicar esta diferença é os indivíduos da costa sudoeste de Portugal terem uma taxa de crescimento mais reduzida que os espécimes que se encontram mais a norte no Atlântico. Está estudado que o crescimento dos indivíduos é influenciado latitudinalmente, uma vez que os indivíduos reportados no Mar Mediterrâneo atingem comprimentos inferiores aos indivíduos que habitam em latitudes superiores (Tabela II). No entanto, mais amostras no presente estudo, que englobem todas as classes de comprimento, seriam necessárias de modo a confirmar estas diferenças nas taxas de crescimento entre o Mar Mediterrâneo, a costa de Portugal e a região das ilhas Britânicas.

Um dos aspectos mais importantes a considerar em estudos de crescimento é a validação das idades. É desejável que a validação seja efetuada de forma direta, isto é, confirmar a exatidão das estimativas de idade através de comparação com outros métodos determinados como, por exemplo, estudos de captura e recaptura com marcação química (Cailliet *et al.*, 2006). No entanto, em estudos com elasmobrânquios, a validação dos resultados tem sido difícil, sendo aplicados com mais frequência métodos de validação indireta, ou verificação, como a análise da margem da vértebra e a análise no incremento marginal relativo, que permitem avaliar a deposição sazonal das bandas (Goldman, 2005). O primeiro método de verificação referido tem como base a comparação do tipo de bordo da vértebra (opaco ou hialino) ao longo do tempo (estação ou época do ano) de modo a distinguir alterações sazonais no crescimento dos indivíduos. O segundo método calcula-se através do rácio entre a largura da última banda formada até ao bordo da vértebra e a largura do último par de bandas completamente formado. Estes valores são depois relacionados com o mês de captura de modo a determinar a periodicidade temporal da formação da banda (Goldman, 2005). No presente estudo não foi possível aplicar estes métodos de validação indireta uma vez que as amostras foram capturadas em meses específicos, não cobrindo o ano todo, e portanto não permitindo comparar o tipo de margem ao longo do ano. Mais importante, não houve confiança nos resultados quando classificados os bordos da vértebra e medida a última banda, visto que o processo de enaltecimento das bandas, através da descalcificação das vértebras, alterou um pouco a estrutura na vértebra, principalmente na margem, condicionando toda a sua análise (resultados não apresentados). No entanto, Ivory *et al.* (2005) sugere que há uma evidência de deposição anual das bandas de crescimento nesta espécie. Porém, os autores referem também que apenas foram capturados espécimes em três meses do ano e nestes três meses foram encontrados os vários tipos de bordo. As bandas opacas da extremidade da vértebra depositam-se desde o verão até aproximadamente a meio do inverno, enquanto que as bandas hialinas se depositam desde o fim do inverno e início da primavera até ao fim do verão. Baptista (2010) também analisou o bordo das vértebras bem como os seus incrementos marginais, e não encontrou diferenças significativas na deposição diferencial de bandas ao longo do ano nem um padrão de formação de bandas através na análise do incremento marginal numa espécie próxima mas com distribuição mais profunda, *G. melastomus*. Variações sazonais no fotoperíodo, temperatura, dieta e absorção de minerais

têm sido descritos como potenciais fatores que influenciam a deposição de bandas de crescimento em estruturas calcificadas (Cailliet *et al.*, 1986; Goldman, 2005). Desta forma, e apesar de não ter sido possível proceder a estudos de validação, assumiu-se que a deposição de cada par de bandas é anual. De facto, esta espécie tem uma distribuição essencialmente costeira, estando exposta à sazonalidade de alguns fatores ambientais.

6. Conclusões e trabalho futuro

Apesar de ser uma espécie muito frequente na costa portuguesa, o crescimento de pata-roxa na nossa costa foi pouco estudado até à data. O presente estudo permitiu concluir que as vértebras são estruturas adequadas para o estudo do crescimento da pata-roxa. No entanto, é importante proceder a uma preparação das mesmas, tendo-se identificado que a limpeza com lixívia e imersão em HNO_3 (seguida de imersão em água destilada e secagem por um período de cerca de 16h) produzem resultados satisfatórios, possibilitando a diferenciação das bandas de crescimento e a determinação da idade com um nível de precisão elevado.

Tal como verificado para esta espécie noutras áreas geográficas e para a maioria das espécies de elasmobrânquios, o crescimento é diferente entre machos e fêmeas (Conrath *et al.*, 2002; Driggers *et al.*, 2004; Ivory *et al.*, 2005; Romine *et al.*, 2006; Gennari e Scacco, 2007; Baptista, 2010; Kadri *et al.*, 2012; Mejía-Falla *et al.*, 2014; Andrade *et al.*, 2017). Estes aspetos podem estar relacionados com, por exemplo, a reprodução e segregação sexual, que faz com que provavelmente estejam sujeitos a condições ambientais diferentes.

Apesar dos resultados obtidos não permitirem determinar o modelo que melhor descreve o crescimento desta espécie, o modelo de VBGF é promissor. É importante que estudos futuros se baseiem num maior número de amostras, sobretudo no caso das fêmeas, e que abranjam as classes de comprimentos mais pequenas (<20 cm) e maiores (>55 cm), uma vez que foi concluído que a falta de informação destas classes influencia o ajuste dos modelos de crescimento e consequentemente as estimativas dos seus parâmetros.

As estimativas de idades não foram muito diferentes das já obtidas noutros estudos. No entanto em nenhum deles foi feita uma validação direta dos resultados, o que será também um aspeto a considerar em trabalhos futuros e assim garantir uma maior confiança na utilização dos resultados.

A informação e conclusões deste estudo constituem uma base importante para estudos mais aprofundados. Estes pretendem-se desenvolver num futuro próximo, com a inclusão de mais indivíduos de ambos os sexos e cobrindo todos os comprimentos esperados para a população. Dadas as variações latitudinais descritas em alguns parâmetros biológicos desta

espécie, será também interessante reproduzir este mesmo estudo noutras áreas da costa continental portuguesa, como, por exemplo, costa algarvia e a norte da Nazaré, e verificar se há diferenças na taxa de crescimento ao longo da costa portuguesa.

Finalmente, reforça-se a importância que estes estudos terão no aconselhamento científico no âmbito das pescas, em particular para a população de pata-roxa que se distribui na costa continental portuguesa. Recentemente tem-se verificado a necessidade de reunir informação biológica, em particular dados de crescimento e reprodução, que contribuam para uma avaliação dos *stocks* mais adequada. Com este estudo torna-se possível conjugar a informação da pesca e das campanhas de investigação conduzidas na nossa costa com informação biológica também da nossa área, evitando a utilização de dados provenientes de estudos realizados noutras zonas do Atlântico Nordeste.

7. Referências

- Aasen, O. (1963). Length and growth of the porbeagle (*Lamna nasus Bonnaterre*) in the North West Atlantic. *Fiskeridir. Skr. Ser. Havunders*, 13(6), 20-37.
- Andrade, I., Rosa, D., Muñoz-Lechuga, R., & Coelho, R. (2017). Age and growth of the blue shark (*Prionace glauca*) in the Indian Ocean. In *13th Working Party on Ecosystems and Bycatch (WPEB13)*. Espanha.
- Baptista, M. (2010). *Determination of age and growth of Galeus melastomus, rafinesque, 1810, a deep water shark, using a modified cobalt nitrate technique* (Dissertação de Mestrado). Universidade do Algarve.
- Barbieri, M., Maltagliati, F., Roldán, M., & Castelli, A. (2014). Molecular contribution to stock identification in the small-spotted catshark, *Scyliorhinus canicula* (Chondrichthyes, Scyliorhinidae). *Fisheries Research*, 154, 11-16. doi: 10.1016/j.fishres.2014.01.021.
- Bendiab, A., Mouffok, S., & Boutiba, Z. (2012). Reproductive biology and growth of Lesser Spotted Dogfish *Scyliorhinus canicula* (Linnaeus, 1758) in Western Algerian coasts (Chondrichthyes, Scyliorhinidae). *Biodiversity Journal*, 3(1), 41-48.
- Bendiab, A., Mouffok, S., & Boutiba, Z. (2016). Feeding Habits of Two Sharks Species *Scyliorhinus canicula* (Linnaeus, 1758) and *Galeus melastomus* (Rafinesque, 1810) in the Western Algerian coasts. *Journal Of Applied Environmental And Biological Sciences*, 6(12), 108-116.
- Borges, A. (2008). *Interface "Comparação de Curvas de Crescimento": Aplicação Informática para o auxílio na comparação de Curvas de Crescimento de populações de peixes* (Tese de Mestrado). Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.
- Cailliet, G., Martin, L., Kusher, D., Wolf, P., & Weldon, B. (1983). Techniques for enhancing vertebral bands in age estimation of California elasmobranchs. Em: E. Prince & L. Pulos (eds.), *Proceedings of the international workshop on age determination of oceanic pelagic fishes: tunas, billfishes and sharks*. NOAA Tech. Rep. NMFS 8, 157–165.
- Cailliet G.M., Martin L.K., Harvey J.T, Kusher D. & Welden B.A. (1983a) Preliminary studies on age and growth of blue, *Prionace glauca*, common thresher, *Alopias vulpinus*, and shortfin mako, *Isurus oxyrinchus*, sharks from California waters. Em: E. Prince & L. Pulos (eds.), *Proceedings of the international workshop on age determination of oceanic pelagic fishes: tunas, billfishes and sharks*. NOAA Tech. Rep. NMFS 8, 157–165.
- Cailliet G., Radtke R. & Welden B. (1986). Elasmobranch age determination and verification: A review. In: T. Uyeno, R. Arai, T. Taniuchi & K. Matsuura (eds.) *Indo-Pacific Fish Biology: Proceedings of the*

- Second international Conference on Indo-Pacific Fishes. Ichthyological Society of Japan, Tokyo, 345–360.*
- Cailliet, G., Smith, W., Mollet, H., & Goldman, K. (2006). Age and growth studies of chondrichthyan fishes: the need for consistency in terminology, verification, validation, and growth function fitting. *Environmental Biology Of Fishes*, 77, 211-228. doi: 10.1007/s10641-006-9105-5.
- Cailliet, G. (2015). Perspectives on elasmobranch life-history studies: a focus on age validation and relevance to fishery management. *Journal Of Fish Biology*, 87(6), 1271-1292. doi: 10.1111/jfb.12829.
- Campana, S. (2001). Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *Journal Of Fish Biology*, 59, 197-242. doi: 10.1006/jfbi.2001.1668.
- Campana, S. (2014). Age determination of elasmobranchs, with special reference to Mediterranean species: a technical manual. Studies and Reviews, 94, 38p. General Fisheries Commission for the Mediterranean. Rome: FAO.
- Capapé, C., Vergne, Y., Reynaud, C., Guélorget, O., & Quignard, J. (2008). Maturity, fecundity and occurrence of the smallspotted catshark *Scyliorhinus canicula* (Chondrichthyes: *Scyliorhinidae*) off the Languedocian coast (Souyhern France, North-Western Mediterranean). *Vie Et Milieu - Life And Environment*, 58(1), 47-55.
- Capapé, C., Guélorget, O., Vergne, Y., & Reynaud, C. (2008a). Reproductive biology of the blackmouth catshark, *Galeus melastomus* (Chondrichthyes: *Scyliorhinidae*) off the Languedocian coast (southern France, northern Mediterranean). *Journal Of The Marine Biological Association Of The UK*, 88(02), 415-421. doi: 10.1017/s002531540800060x.
- Capapé, C., Mnasri-Sioudi, N., El Kamel-Moutalibi, O., Boumaïza, M., Amor, M., & Reynaud, C. (2014). Production, maturity, reproductive cycle and fecundity of small-spotted catshark, *Scyliorhinus canicula* (Chondrichthyes: *Scyliorhinidae*) from the northern coast of Tunisia (Central Mediterranean). *Journal Of Ichthyology*, 54(1), 111-126. doi: 10.1134/s0032945214010020.
- Cardoso, P. (2014). *Variability in Life History and Population Structure in a Model Shark Species, Scyliorhinus canicula (Linnaeus 1758)* (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.
- Coelho, R., & Erzini, K. (2007). Population parameters of the smooth lantern shark, *Etmopterus pusillus*, in southern Portugal (NE Atlantic). *Fisheries Research*, 86(1), 42-57. doi: 10.1016/j.fishres.2007.04.006.

- Compagno, L., Dando, M., & Fowler, S. (2005). *Sharks of the world - field guide*. London: Collins.
- Conrath, C., Gelsleichter, J., & Musick, J. (2002). Age and growth of the smooth dogfish (*Mustelus canis*) in the northwest Atlantic Ocean. *Fishery Bulletin*, 100, 674–682.
- Correia, J. & Figueiredo, I. (1997). A modified decalcification technique for enhancing growth bands in deepconed vertebrae of elasmobranchs. *Environmental Biology Of Fishes*, 50, 225-230.
- Daiber, C. (1960) A technique for age determination in the skate, *Raja eglanteria*. *Copeia*, 3, 258-260.
- Driggers, W., Carlson, J., Cullum, B., Dean, J., Oakley, D., & Ulrich, G. (2004). Age and growth of the blacknose shark, *Carcharhinus acronotus*, in the western North Atlantic Ocean with comments on regional variation in growth rates. *Environmental Biology Of Fishes*, 71(2), 171-178. doi: 10.1007/s10641-004-0105-z.
- Ebert, D., & Stehmann, M. (2013). *Sharks, batoids and chimaeras of the North Atlantic* (7th ed., p. 523 pp.). Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Ellis, J., & Shackley, S. (1997). The reproductive biology of *Scyliorhinus canicula* in the Bristol Channel, U.K. *Journal Of Fish Biology*, 51, 361-372. doi: 10.1111/j.1095-8649.1997.tb01672.x.
- Ellis, J., Mancusi, C., Serena, F., Haka, F., Guallart, J., Ungaro, N., Coelho, R., Schembri, T. & MacKenzie, K. (2009). *Scyliorhinus canicula*. The IUCN Red List of Threatened Species 2009: e.T161399A5415204. doi: 10.2305/IUCN.UK.2009-2.RLTS.T161399A5415204.en.
- Esteves, E., Simões, P., Silva, H. & Andrade, J. (1995). Ageing of swordfish, *Xiphias gladius* Linnaeus, 1758, from the Azores, using sagittae, anal fin spines and vertebrae. *Arquipélago - Life and Marine Sciences*, (13A), pp.39-51.
- Farrell, E., Mariani, S., & Clarke, M. (2010). Reproductive biology of the starry smooth-hound shark *Mustelus asterias*: geographic variation and implications for sustainable exploitation. *Journal Of Fish Biology*, 77(7), 1505-1525. doi: 10.1111/j.1095-8649.2010.02771.x.
- Ferreira, B., & Vooren, C. (1991). Age, Growth, and Structure of Vertebra in the School Shark *Galeorhinus galeus* (Linnaeus, 1758) from Southern Brazil. *Fishery Bulletin*, 89, 19-31.
- Filiz, H., & Mater, S. (2002). A Preliminary Study on Length-Weight Relationships for Seven Elasmobranch Species from North Aegean Sea, Turkey. *Journal Of Fisheries And Aquatic Sciences*, 19(3-4), 401-409.
- Filiz, H., & Taşkavak, E. (2006). Sexual dimorphism in the head, mouth, and body morphology of the smallspotted catshark, *Scyliorhinus canicula* (Linnaeus, 1758) (Chondrichthyes: *Scyliorhinidae*) from Turkey. *Acta Adriatica*, 47(1), 37-47.

- Fowler, S.L., Reed, T.M. & Dipper, F.A. (eds). (2002). *Elasmobranch Biodiversity, Conservation and Management: Proceedings of the International Seminar and Workshop, Sabah, Malásia, Julho 1997*. IUCN SSC Shark Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. xv + 258 pp.
- Fujinami, Y., Semba, Y., Ohshimo, S., & Tanaka, S. (2018). Development of an alternative ageing technique for blue shark (*Prionace glauca*) using the vertebra. *Journal Of Applied Ichthyology*, 34(3), 590-600. doi: 10.1111/jai.13620.
- Gago, M. (2014). *Idade e crescimento do tubarão-crocodilo, Pseudocarcharias kamoharai, no Oceano Atlântico* (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade do Algarve.
- Gelsleichter, J., Piercy, A., & Musick, J. (1998). Evaluation of copper, iron, and lead substitution techniques in elasmobranch age determination. *Journal Of Fish Biology*, 53, 465–470.
- Gennari, E., & Scacco, U. (2007). First age and growth estimates in the deep water shark, *Etmopterus spinax* (Linnaeus, 1758), by deep coned vertebral analysis. *Marine Biology*, 152(5), 1207-1214. doi: 10.1007/s00227-007-0769-y.
- Goldman, K. (2005). Age and growth of elasmobranch fishes. In J. Musick e R. Bonfil, *Management techniques for elasmobranch fisheries* (pp. 76-102). Roma: FAO.
- Henderson, A. & Casey, Á. (2001). Reproduction and growth in the lesser-spotted dogfish *Scyliorhinus canicula* (Elasmobranchii; Scyliorhinidae), from the west coast of Ireland. *Cahiers de Biologie Marine*, 42, pp.397-405.
- Hoenig, J., & Brown, C. (1988). A simple technique for staining growth bands in elasmobranch vertebrae. *Bulletin Of Marine Science*, 42(2), 334-337.
- ICES. (2010). Report of the Workshop on Sexual Maturity Staging of Elasmobranchs (WKMSSEL), 11-15 Outubro 2010, Valetta, Malta. ICES CM 2010/ACOM:48. 132 pp.
- ICES (2017). Report of the Working Group on Elasmobranch Fishes (WGEF), 31 Maio a 7 Junho 2017, Lisboa, Portugal. ICES CM 2017/ACOM:16. 1018 pp.
- Ilies, I., Traniello, I., Sîrbulescu, R., & Zupanc, G. (2014). Determination of relative age using growth increments of scales as a minimally invasive method in the tropical freshwater *Apteronotus leptorhynchus*. *Journal Of Fish Biology*, 84(5), 1312-1325. doi: 10.1111/jfb.12354.
- Ishiyama, R. (1951). Studies on the rays and skates belonging to the family Rajidae, found in Japan and adjacent regions. 2. On the age determination of Japanese black-skate *Raja fusca* Garman (Preliminary report). *Bulletin Of The Japanese Society For The Science Of Fish*, 16(12), 112-118.

- Ivory, P., Jeal, F. & Nolan, C. (2005). Age Determination, Growth and Reproduction in the Lesser-spotted Dogfish, *Scyliorhinus canicula* (L.). *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, 35, pp.89-106.
- Jones, B., & Green, G. (1977). Age determination of an elasmobranch (*Squalus acanthias*) by x-ray spectrometry. *Journal Of The Fisheries Research Board Of Canada*, 34, 44-48.
- Joung, S., Liao, Y., & Chen, C. (2004). Age and growth of sandbar shark, *Carcharhinus plumbeus*, in northeastern Taiwan waters. *Fisheries Research*, 70, 83-96.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.fishres.2004.06.018>.
- LaMarca, M. (1966). A simple technique for demonstrating calcified annuli in the vertebrae of large elasmobranchs. *Copeia*, 351-352.
- Machado, P. (1996). *Aspectos da Biologia e Ecologia do Tubarão Lamniforme Scyliorhinus canicula Linnaeus, 1758* (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- Machado, P., & Figueiredo, I. (2000). A technique for ageing the birdbeak dogfish (*Deania calcea* Lowe, 1839) from dorsal spines. *Fisheries Research*, 45, 93-98.
- Maia, C. (2010). *Reproductive biology of the species Leucoraja naevus from Portuguese continental waters* (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade do Algarve.
- Martinho, F., Sá, C., Falcão, J., Cabral, H., & Pardal, M. (2012). Comparative feeding ecology of two elasmobranch species, *Squalus blainville* and *Scyliorhinus canicula*, off the coast of Portugal. *Fishery Bulletin*, 110, 71-84.
- McFarlane, G., King, J., & Saunders, M. (2002). Preliminary study on the use of neural arches in the age determination of bluntnose sixgill sharks (*Hexanchus griseus*). *Fishery Bulletin*, 100(4), 861-864.
- Mejía-Falla, P., Cortés, E., Navia, A., & Zapata, F. (2014). Age and Growth of the Round Stingray *Urotrygon rogersi*, a Particularly Fast-Growing and Short-Lived Elasmobranch. *Plos ONE*, 9(4), e96077. doi: 10.1371/journal.pone.0096077.
- Mendes, B., Fonseca, P. & Campos, A. (2004). Weight–length relationships for 46 fish species of the Portuguese west coast. *Journal Of Applied Ichthyology*, (20), 355-361.
- Moore, D., Neat, F., & McCarthy, I. (2013). Population biology and ageing of the deep water sharks *Galeus melastomus*, *Centroselachus crepidater* and *Apristurus aphyodes* from the Rockall Trough, north-east Atlantic. *Journal Of The Marine Biological Association Of The United Kingdom*, 93(07), 1941-1950. doi: 10.1017/s0025315413000374.

- Moss, S. (1972). Tooth Replacement and Body Growth Rates in the Smooth Dogfish, *Mustelus canis* (Mitchill). *Copeia*, 1972(4), 808-811. doi: 10.2307/1442738.
- Moura, T., Figueiredo, I., Machado, P.B., & Gordo, L.S. (2004). Growth pattern and reproductive strategies of the holocephalan *Chimaera monstrosa* L. along the Portuguese continental slope. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 84, 801-804. doi: 10.1017/S002531540400997Xh.
- Moura, T., Figueiredo, I., Farias, I., Serra-Pereira, B., Coelho, R., Erzini, K., Neves, A. & Gordo, L. (2007). The use of caudal thorns for ageing *Raja undulata* from the Portuguese continental shelf, with comments on its reproductive cycle. *Marine And Freshwater Research*, 58(11), 983-992. doi: 10.1071/mf07042.
- Moura, T. (2011). Reproductive strategy and population structure of *Centroscyrnus coelolepis* (Chondrichthyes: Somniosidae): a scientific support for management advice. Tese de Doutoramento em Ciências do Mar, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. 247p.
- Moura, T., Serra-Pereira, B., & Figueiredo, I. (2015). Lesser spotted dogfish *Scyliorhinus canicula* in the Portuguese continental coast. Working Document to ICES Working Group on Elasmobranch Fishes (WGEF), Lisboa, 2015; 16 pp. WD2015-14.
- Moura, T., Serra-Pereira, B., Fernandes, A.C., Alcoforado, B., Chaves, C., e Figueiredo, I. (2017). Lesser spotted dogfish *Scyliorhinus canicula* in the Portuguese continental coast. Working Document for the ICES Working Group on Elasmobranch Fishes (WGEF), Lisboa. 14pp.
- Musick, J., & Ellis, J. (2005). Reproductive Evolution of Chondrichthyans. In W. Hamlett, *Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyes* (pp. 45-46). Enfield, NH: Science Publishers.
- Neves, A., Sequeira, V., Vieira, A., Paiva, R., & Gordo, L. (2015). Age and growth of small red scorpionfish, *Scorpaena notata* (Actinopterygii: Scorpaeniformes: Scorpaenidae), a common discard species from the Portuguese fishery. *Acta Ichthyologica Et Piscatoria*, 45(1), 13-20. doi: 10.3750/aip2015.45.1.02.
- Parsons, G. (1983). An examination of the vertebral rings of the Atlantic sharpnose shark, *Rhizoprionodon terraenovae*. *Northeast Gulf Science*, 6, 63-66.
- Pratt, H.L. & Casey, J.G. (1990). Shark reproductive strategies as a limiting factor in directed fisheries, with a review of Holden's method of estimating growth parameters. Em: Pratt Jr, H.L.S., Gruber, H., & Taniuchi, T. (Eds.), *Elasmobranchs as Living Resources: advances in the biology, ecology, systematics and the status of the fisheries*. NOAA Technical Report NMFS 90, 97-109.

- Richards, S., Merriman, D., & Calhoun, L. (1963). Studies of the marine resources of southern New England. IX. The biology of the little skate, *Raja erinacea* Mitchell. *Bulletin Of The Bingham Oceanographic Collection*, 18(3), 5-67.
- Rodríguez-Cabello, C., De La Gándara, F., & Sánchez, F. (1997). Preliminary results on growth and movements of dogfish *Scyliorhinus canicula* (Linnaeus, 1758) in the Cantabrian Sea. *Oceanologica Acta*, 21(2), 363-370. doi: 10.1016/s0399-1784(98)80023-6.
- Rodríguez-Cabello, C., Velasco, F., & Olaso, I. (1998). Reproductive biology of lesser spotted dogfish *Scyliorhinus canicula* (L., 1758) in the Cantabrian Sea*. *Scientia Marina*, 62(3), 187-191.
- Rodríguez-Cabello, C., Sánchez, F., & Velasco, F. (2005). Growth of Lesser Spotted Dogfish (*Scyliorhinus canicula* L., 1758) in the Cantabrian Sea, Based on Tag-recapture Data. *Journal Of Northwest Atlantic Fishery Science*, 35, 131-140. doi: 10.2960/j.v35.m491.
- Rodríguez-Cabello, C., Fernández, A., Olaso, I., & Sánchez, F. (2005a). Survival of small-spotted catshark (*Scyliorhinus canicula*) discarded by trawlers in the Cantabrian Sea. *Journal Of The Marine Biological Association Of The UK*, 85(05), 1145-1150. doi: 10.1017/s002531540501221x.
- Rodríguez-Cabello, C., Sánchez, F., & Olaso, I. (2007). Distribution patterns and sexual segregations of *Scyliorhinus canicula* (L.) in the Cantabrian Sea. *Journal Of Fish Biology*, 70, 1568-1586. doi: 10.1111/j.1095-8649.2007.01444.x.
- Santamaria, N., Bello, G., Corriero, A., Deflorio, M., Vassallo-Agius, R., Bök, T., & De Metrio, G. (2009). Age and growth of Atlantic bluefin tuna, *Thunnus thynnus* (Osteichthyes: Thunnidae), in the Mediterranean Sea. *Journal Of Applied Ichthyology*, 25(1), 38-45. doi: 10.1111/j.1439-0426.2009.01191.x.
- Santos, M., & Coelho, R. (2015). A general overview of the portuguese pelagic sharks research program in the Atlantic Ocean. *Collective Volume Of Scientific Papers - ICCAT*, 71(6), 2551-2556.
- Seidel, R., Blumer, M., Pechriggl, E., Lyons, K., Hall, B., Fratzl, P., Weaver, J., & Dean, M. (2017). Calcified cartilage or bone? Collagens in the tessellated endoskeletons of cartilaginous fish (sharks and rays). *Journal Of Structural Biology*, 200(1), 54-71. doi: 10.1016/j.jsb.2017.09.005.
- Siezen, R. (1989). Eye lens aging in the spiny dogfish (*Squalus acanthias*) I. Age determination from lens weight. *Current Eye Research*, 8(7), 707-712.
- Silva, A., Meneses, I., & Silva, A. (2015). Predicting the age of sardine juveniles (*Sardina pilchardus*) from otolith and fish morphometric characteristics. *Scientia Marina*, 79(1), 35-42. doi: 10.3989/scimar.04143.16a.

- Smith, W., Miller, J., & Heppell, S. (2013). Elemental Markers in Elasmobranchs: Effects of Environmental History and Growth on Vertebral Chemistry. *Plos ONE*, 8(10), e62423. doi: 10.1371/journal.pone.0062423.
- Stevens, J. (1975). Vertebral rings as a means of age determination in the blue shark (*Prionace glauca*). *Journal Of The Marine Biological Association Of The United Kingdom*, 55, 657-665.
- Stevens, J., Bonfil, R., Dulvy, N., & Walker, P. (2000). The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. *ICES Journal Of Marine Science*, 57, 476-494. doi: 10.1006/jmsc.2000.0724.
- Tanaka S. and Mizue K. (1979). Age and growth of Japanese dogfish *Mustelus manazo* Bleeker in the east China Sea. *Bull. Japan.Soc. Fish.* 45, 43-50.
- Tjørve, K., & Tjørve, E. (2017). The use of Gompertz models in growth analyses, and new Gompertz-model approach: An addition to the Unified-Richards family. *PLOS ONE*, 12(6), e0178691. doi: 10.1371/journal.pone.0178691.

Anexos

I. Análises estatísticas adicionais

→ Comprimento total VS. Raio da vértebra

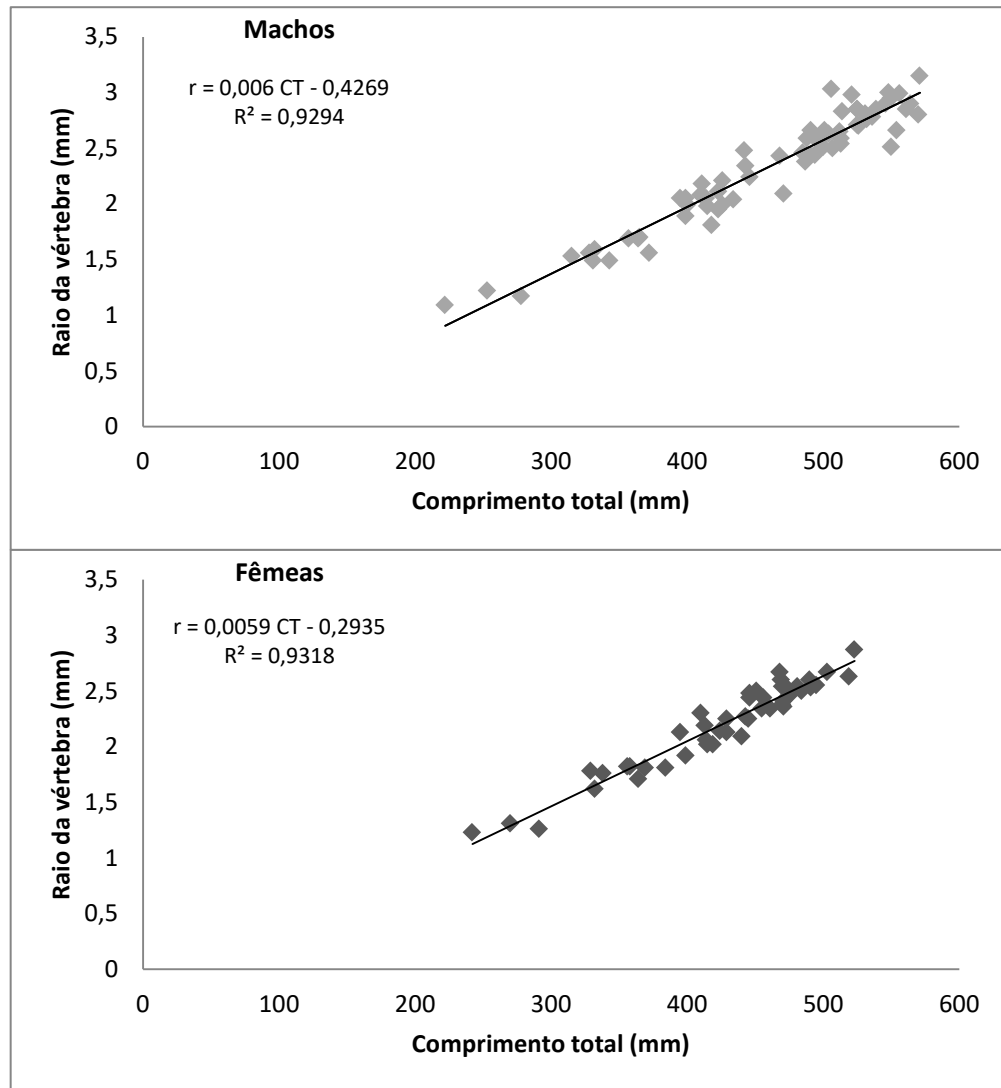


Figura 11 – Representação da relação existente entre o comprimento total dos indivíduos e o raio da sua vértebra. Também as equações das regressões bem como os respetivos coeficientes de determinação (R^2).

→ Comprimento total VS. Diâmetros da vértebra

Diâmetro dorsoventral

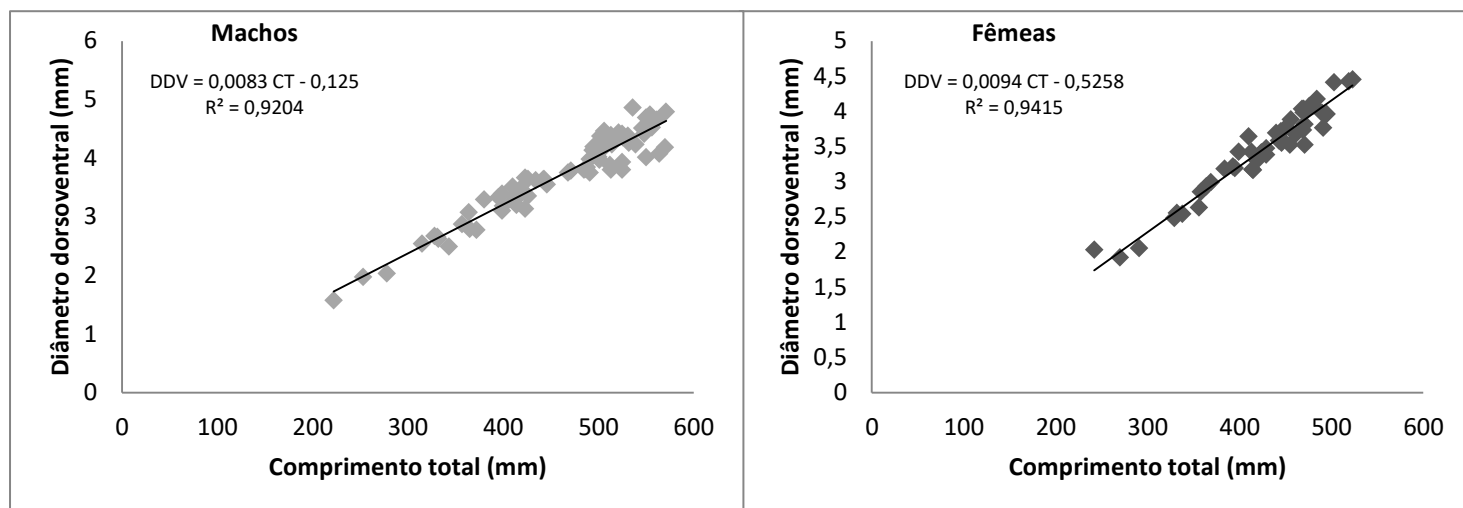


Figura 12 – Representação da relação existente entre o comprimento total dos indivíduos e o diâmetro dorsoventral da sua vértebra. Também são apresentadas as equações das regressões bem como os respetivos coeficientes de determinação (R^2).

Diâmetro lateral

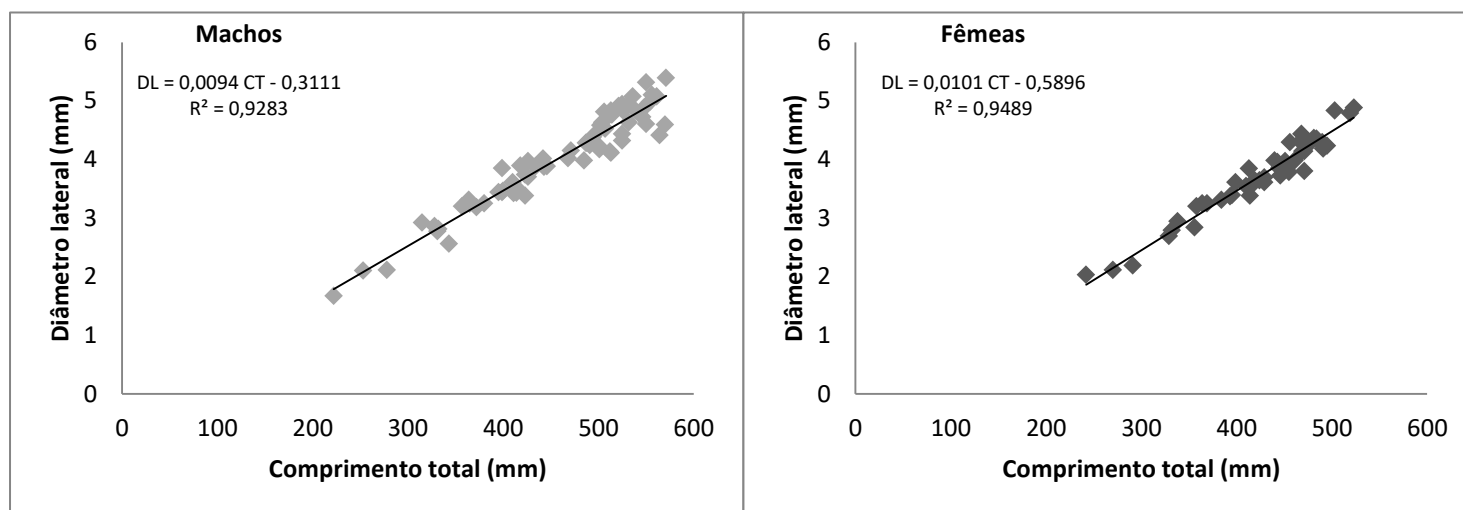


Figura 13 – Representação da relação existente entre o comprimento total dos indivíduos e o diâmetro lateral da sua vértebra. Também as equações das regressões bem como os respetivos coeficientes de determinação (R^2) são apresentados na figura.

→ Comprimento total VS. Distância à marca de nascença

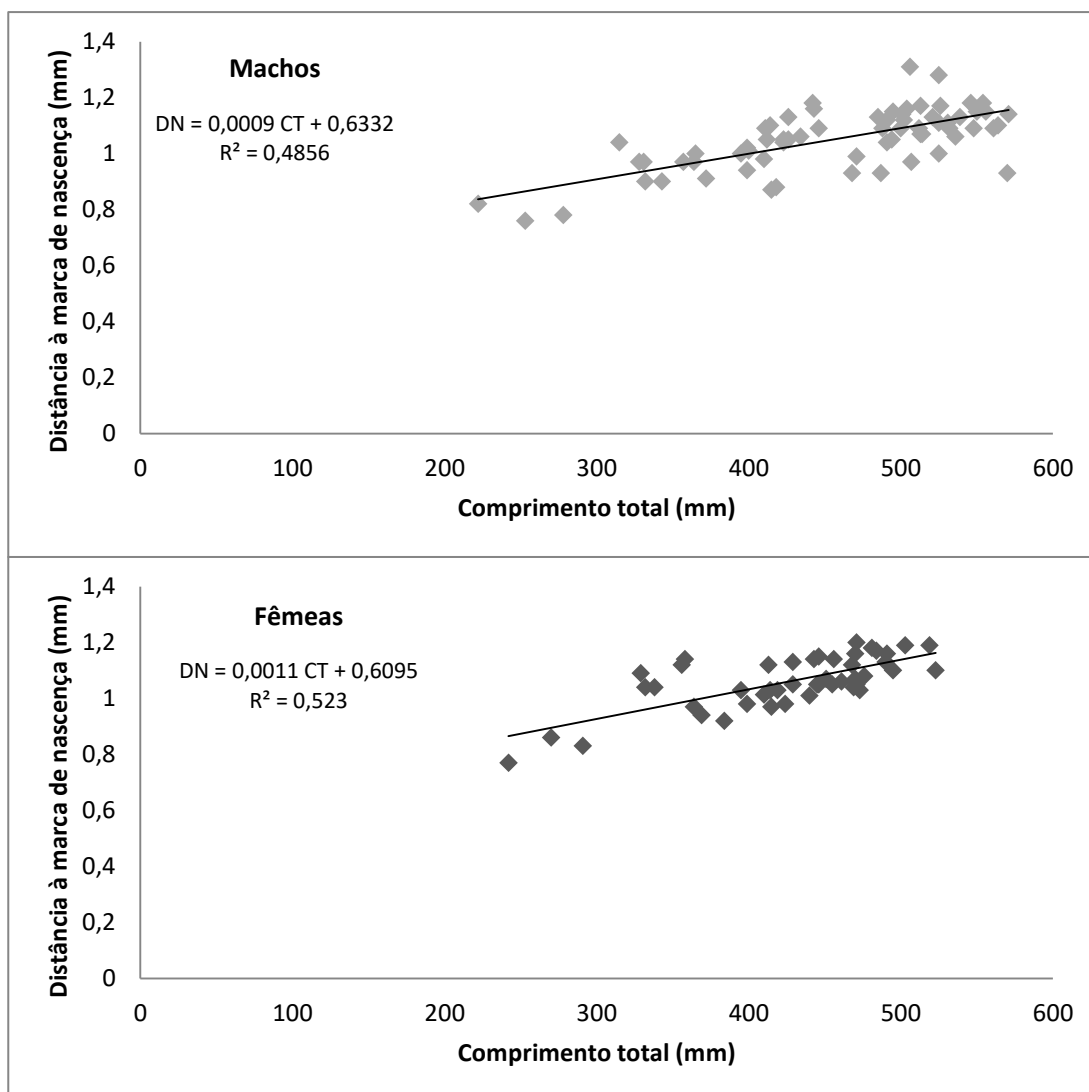


Figura 14 – Representação da relação existente entre o comprimento total dos indivíduos e a distância à marca de nascença na vértebra. Também as equações das regressões e os respectivos coeficientes de determinação (R^2) são apresentados.

→ Comprimento total VS. Largura no centro

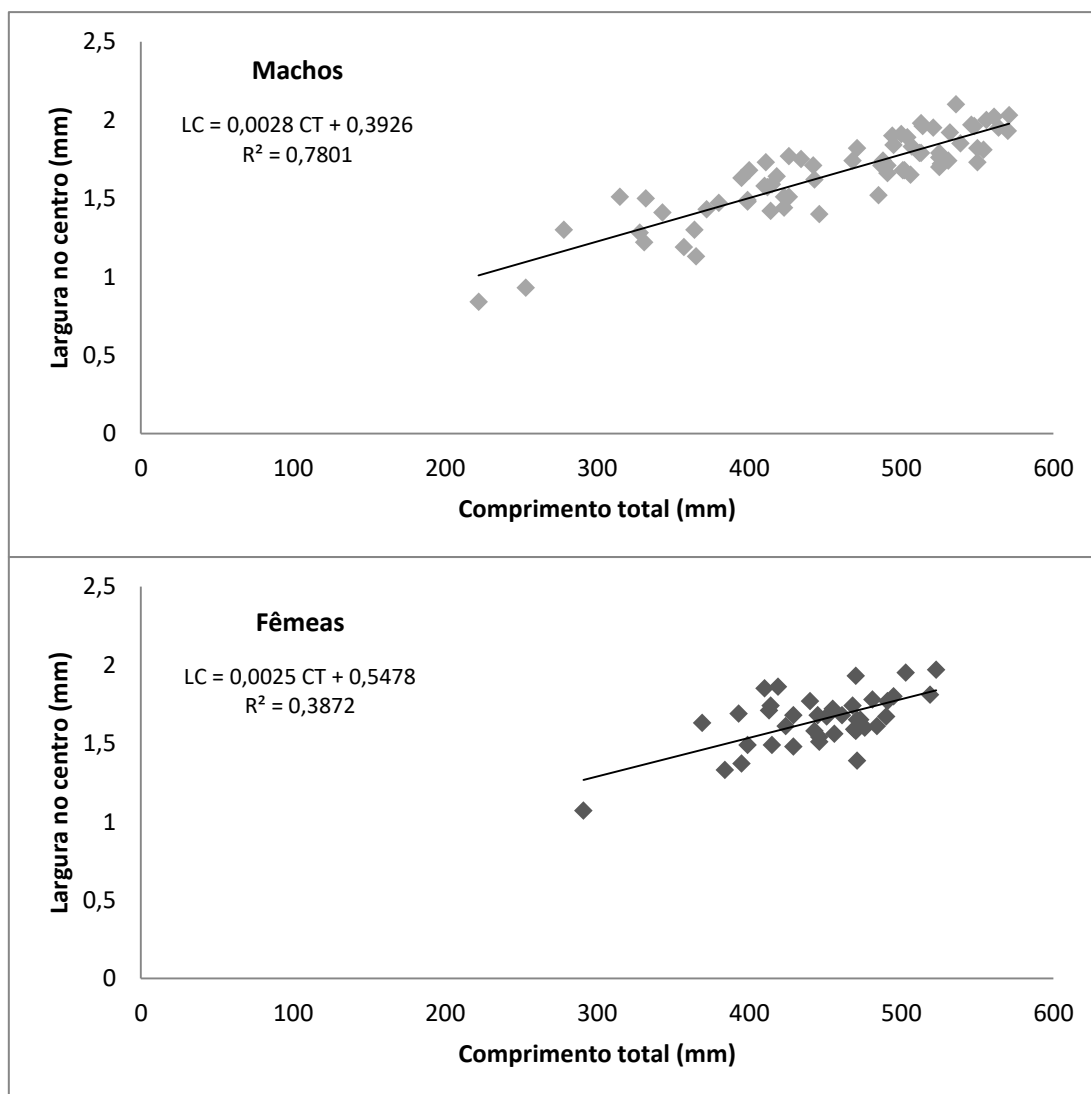


Figura 15 – Representação da relação existente entre o comprimento total dos indivíduos e a largura no centro da vértebra. Também as equações das regressões e os respectivos coeficientes de determinação (R^2) são apresentados.